Catalogue no. 21-601-MIE — No. 078
ISSN: 1707-0368
ISBN: 0-662-42847-1

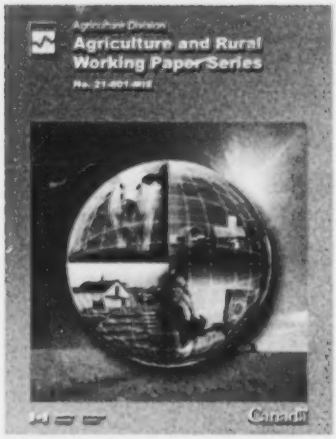
Research Paper

Factors Affecting Biotechnology Innovation in Canada: Analysis of the 2001 Biotechnology Use and Development Survey

by Daryl van Moorsel, J.A.L. Cranfield and David Sparling

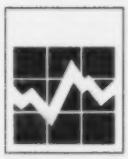
Agriculture Division
Jean Talon Building, 12th floor, Ottawa, K1A 0T6

Telephone: 1 800-465-1991



Statistics Canada Statistique Canada

Canada



Statistics Canada
Agriculture Division

Agriculture and Rural Working Paper Series

Factors Affecting Biotechnology Innovation in Canada: Analysis of the 2001 Biotechnology Use and Development Survey

Published by authority of the Minister responsible for Statistics Canada

© Minister of Industry, 2006

All rights reserved. The content of this publication may be reproduced, in whole or in part, and by any means, without further permission from Statistics Canada, subject to the following conditions: that it is done solely for the purposes of private study, research, criticism, review, newspaper summary, and/or for non-commercial purposes; and that Statistics Canada be fully acknowledged as follows: Source (or "Adapted from", if appropriate): Statistics Canada, name of product, catalogue, volume and issue numbers, reference period and page(s). Otherwise, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopy, for any purposes, without the prior written permission of Licensing Services, Client Services Division, Statistics Canada, O ttawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

March 2006

Catalogue no. 21-601-MIE

ISSN 1707-0368
ISBN 0-662-42847-1

Frequency: Occasional

Ottawa

La version française de cette publication est disponible sur demande (nº 21-601-MIF au catalogue).

Note of appreciation

Canada owes the success of its statistical system to a long standing partnership between Statistics Canada, the citizens of Canada, its businesses, governments and other institutions. Accurate and timely statistical information could not be produced without their continued cooperation and goodwill.

106-05264/

Abstract

Advancement in biotechnology requires continued innovative activity by firms. To grow, biotechnology firms must understand the factors affecting their innovative activity. Such understanding also informs policy makers, and supports the development of policies promoting one's biotechnology sector. This study explores factors which determine innovative activity within the Canadian biotechnology industry. Innovative activity is measured as the natural log of the number of products/processes a firm has at different stages of the innovation spectrum. A model is developed to regress this measure on several determinants of innovation. Significant drivers of innovation include: collaborative arrangements, transfer of intellectual property, firm size and age, whether the firm was in the agricultural or human health biotechnology sectors and whether the firm focused on development or commercialization. Generally speaking, these factors all contributed to firms having more products/processes either under development, undergoing clinical trials or regulatory approval, or on the market.

Keywords: innovation, biotechnology, Canada, agriculture, food, human health

The authors would like to acknowledge the constructive comments from Namatie Traore, the assistance of Mike Trant in facilitating this research and Statistics Canada for enabling access to the data.

Introduction

Canada's highly educated population, proximity to the U.S. and relative costs of conducting research and development have created an environment conducive to the development of the business of biotechnology. Growth has been rapid, with the number of firms increasing from 282 firms in 1997 to 375 in 2001 and 490 in 2003. Canada ranks second in the number of biotechnology firms in the world, trailing only the United States (Ernst and Young, 2002). While the number of firms generating biotechnology revenues has risen from 232 in 1999 to 252 in 2001, the percentage of firms with revenue has actually decreased (McNiven et al., 2003). The Global Competitiveness Report indicates Canada slipped to fifteenth out of one hundred economies in the most recent competitive index, after being ranking sixth in the 1998 index (World Economic Forum, 2005). Clearly, Canada's future competitiveness in biotechnology depends on the policies and infrastructure in presently place to gain momentum.

Agricultural biotechnology offers unique challenges. Although Canada is a global leader in biotechnology acceptance, there is still strong resistance from many organizations regarding the adoption of agbiotech innovations. The benefits of increased crop yields and lower pesticide, herbicide, etc. usage (Associated Press, 2005) has not overcome the fears associated with the relatively new science. The persistence of consumer acceptance issues implies an uncertain future demand for agricultural biotechnology products and processes.

Changes in the biotechnology industry and broader social and economic issues underscore the need to understand the structure and characteristics of biotechnology firms and the impact of firm characteristics, strategies and environmental factors on innovative capacity and results. The purpose of this study is to evaluate possible determinants of innovation and their effect on innovative activity for agricultural and other biotechnology firms in Canada. This purpose is accomplished via econometric modelling of data from Statistics Canada's 2001 Biotechnology Use and Development Survey (BUDS). This survey provides cross-sectional, firm level data for the population of biotechnology firms in Canada in 2001.

Understanding the innovation process, and determinants of innovative activity, for Canadian agricultural biotechnology firms permits an accurate evaluation of this industry, policies that affect it and policies that can shape it. Biotechnology research in Canada is still in its infancy, and the development of this specific literature will provide further evidence of the future and direction for innovative activity in Canadian agricultural biotechnology. While focused on one country, such analysis is useful as it portrays the drivers of innovation in a dynamic and growing sector. Moreover, the analysis will enable benchmark comparisons not just overtime within Canada, but across other countries, thus enabling a systematic understanding of the pan-global drivers of innovation. The next section provides a conceptualization of the biotechnology innovation process, followed by the drives of innovation. The empirical model, data and results are then discussed, followed by a summary and conclusion.

Understanding the innovation process

The public sector has traditionally performed much of the basic research necessary to generate new biotechnology products and processes. Although public organizations (i.e. universities, hospitals, etc.) now have opportunities to further develop products/processes, private organizations are better equipped for this purpose. A firm can either generate its own ideas or use basic research developed elsewhere and apply their competencies whether they are in applied R&D, trials, regulatory issues, or production and marketing to commercialize new biotechnologies.

Sparling and Vitale (2003) developed a visual schematic to help conceptualize the development and commercialization process. Figure 1 (Sparling and Vitale, 2003) represents the four stage process of development from basic research through to commercialisation for a biotechnology firm. Before a firm becomes involved in the development process, there can often be several years of development at the basic research level. The output at this level is often the disclosure of intellectual property through patents or published papers. An idea does not need to be disclosed but has a much greater chance of attracting financing if it has been peer reviewed and accepted as novel and useful idea beyond that of the researcher (Deeds and Hill, 1996, Niosi, 2000).

Once a product has passed the idea generation stage, it will enter the first of four stages of development undertaken by firms. The first stage is firm level R&D, which prepares a product/process to enter the second stage of clinical or field trials. If a firm lacks the competency to perform R&D or field/clinical trials they can contract out these activities or form a collaborative arrangement to procure these services. This is also an opportunity for firms proficient in R&D and trials to generate revenue by performing these services for other firms.

For agbiotech firms, stage two requires a product/process to pass safety requirements while proving its effectiveness. The clinical testing required for the human health sector is a much more stringent evaluation, where clinical trials occur in three successive phases to provide the greatest amount of protection possible for probable users of the product/process. Stage two would be equivalent to the firm completing phase one trials proving the safety of the product and entering phase 2.

Firm level R&D and field/clinical trials are often performed by small and medium sized enterprises (SMEs) also referred to as dedicated biotechnology firms (DBFs). This process typically takes from 2-5 years and produces different possible outcomes. An SME can either try to continue developing the product/process after these two initial stages or sell or license their work to a large multinational firm proficient in the later development stages.

Stage three in the process of biotechnology product/process development is the regulatory phase/unconfined release assessment phase. This costly and lengthy stage is seen as a barrier to many SMEs (Blind, 2004; Industry Canada, 2000) and is where many technologies are sold or licensed to large multinational firms with the resources

needed to complete this phase. The last development stage is the market development stage where production, marketing and distribution become key factors. The obvious strengths of large firms with respect to production, marketing and distribution of products/processes lead to their dominant role in commercialisation.

The four stages of product/process development can be grouped into either an early focus (stages one and two) or late focus (stages three and four). Firms focused in the early, or research focused, stages will have products/processes only in stages one and two of development. In contrast, firms focused on late stages of development have no early stage products/processes.

Drivers of innovation

The purpose of this study is to understand what factors influence innovation within Canada's biotechnology industry. This section will review the factors which have been found to shape the innovation in various sectors and countries, with an eye to developing covariates for an empirical model.

Collaborative arrangements

Collaborative arrangements (CA's) allow firms to focus their activities in specific areas to where they have a competitive advantage and access needed technologies and capabilities not present within the firm. Mohnen and Therrien (2003) suggest there is a positive relationship between any collaboration and innovative sales share controlling for firm size, sector, R&D status and government subsidies.

For inter-firm relationships, CA's are important to counteract the lack of integration for biotechnology firms. The biotechnology industry is characterised by a large number of small start-up firms without the capacity to take a product/process from initial R&D through to commercialisation. Baum et al. (2000) found that managers of start-up biotechnology firms gain advantages from alliances at start-up and that they should continue to develop alliances while establishing themselves, as the need for alliances does not decrease over time.

Large corporations use CA's to supplement their own internal development capabilities, taking advantage of their competencies in legal and regulatory issues, and marketing, production and distribution. A positive relationship is expected between innovative activity and the number of collaborative arrangements in which a firm participates.

Capital requirements

With approximately 20% of Canadian biotechnology firms generating profits or at least breaking even (Ernst and Young, 2003) financing is a crucial factor for firm survival. Financing for biotechnology firms can come from a number of different investment sources. Most commonly, venture capital whether it be Canadian or American, is

sought to finance operations but firms also seek capital from angel investors, government programs and initial public offerings, More traditional forms of financing such as banks and family resources are also available.

Raising capital can often times be a difficult task depending on the investment climate. The stock market crash in 1987 was the first difficult investment time period for biotechnology firms. In early 1992, with a number of American drugs failing clinical testing, the investment climate for biotechnology firms once again spiralled downward (Niosi, 1995, pp.81). Most recently, the technology boom and bust of the late 1990's and early 2000's is another good example of the instability of financial markets facing biotechnology firms. Revenue generation has now become essential for all biotechnology firms as external financing in 2002 dropped to 40 percent and 45 percent of funding levels in 2001 and 2000, respectively (Ernst and Young, 2003).

Raising capital is not only difficult in weak investment climates; even in good economic times capital rationing takes place where capital suppliers, even for promising technologies, hold back their capital to reduce their risk. Early stage technologies increase the dangers of asymmetric contracts reducing the willingness of lenders to finance innovative projects. A positive relationship is expected between innovative activity and the level of available capital.

Research and development effort

Research and development is often cited as a key input for the growth of innovative activity within a firm. Investing in R&D enables a firm to have focused physical research resources and available scientists for the development of new products and processes. R&D effort is important for the creation of world class innovations (Cozzarin, 2003) but is neither a necessary nor a sufficient condition for innovation (Baldwin, 1997; Akerblom, Viraharju and Leppaahti, 1996).

Questions have been raised with regard to the accurate measurement of all R&D, portions of R&D that cannot be measured and appropriability concerns for R&D. For example, R&D budgets underestimate the innovative activity of small and medium sized firms as they do not have the same formal R&D budgets as large firms and must rely on technology adoption or other firm's innovative capacity (Tourigny and Le, 2003). SME's have also been suggested to undertake less R&D than large firms because expected returns of R&D increases with firm size (Nooteboom, 1991). Finally, the propensity to invest in R&D is determined by the appropriation of R&D benefits by the firm. The firm that undertakes R&D and is successful is not guaranteed the compensation for an innovation. For example, the inability of firms to achieve perfect price discrimination may be another factor affecting a firm's ability to recoup their large R&D expenses (Harabi, 2001). These suggested differences in the structural characteristics suggest the need to explore the relationship between R&D effort and innovative activity further. Consequently R&D effort variables consisting of firm R&D spending and personnel will be included as explanatory variables in the regression.

Firm size

A key component of the innovation literature is devoted to the effect of firm size on innovative activity. Cohen and Klepper (1996) suggest that large firms have an advantage in undertaking R&D and also realise greater returns from R&D. Cost-spreading is the prominent reason for size advantages of undertaking R&D while a greater return from R&D has a deeper explanation. Larger firms, active in R&D, will produce less overlapping research than a number of small firms unaware of the R&D a competitor is undertaking. Consequently, for an industry or sector, less overlap in R&D effort will result in a greater realisation of R&D effort.[1]

While firm size is suggested to have a positive effect on R&D effort, it may not have the same relationship with other measures of innovation activity. Cohen and Klepper (1996) conclude that the number of innovations per dollar of R&D actually declines with firm size. This could be due to the fact that larger firms tend to take products though the very expensive last stages of commercialisation. More recently, Traore (2004a) found that the cost spreading advantages of large biotechnology firms (those with more than 150 employees) was offset by the flexibility of small or medium sized firms. Given the conceptual uncertainties with respect to firm size and innovative activity, firm size covariates must also be developed and included.

Intellectual property transfers and contracting

Intellectual property transfers create opportunities for networks to share resources whether through the sale of patents, licensing agreements or material user agreements. For firms focused at the later stages of product/process development, acquiring IP is an excellent strategy to augment their pipeline while still focusing on their core competencies. Conversely, some firms grant IP rights to generate revenue by selling or licensing IP, or to get some benefit from non-core discoveries. Some firms focus solely on development work with the goal of granting or selling their IP rather than seeing a project through to a commercial product.

Contracts and collaborations can speed up product development by providing capabilities not present in the firms enabling firms to develop their principal innovation faster. Regardless of whether a firm is focus on IP granting, acquiring or contracting, it stands to reason that the number of products/process is positively related with these activities.

---

1. Cohen and Klepper's synthesis of firm size effects is partially based on Schumpeter's 1942 seminal work. Schumpeter (1942) suggested that large firms have advantages because they have an established infrastructure in production, marketing, distribution as well as financial resources to exploit new technologies. More recent proponents of large firm advantages for innovation (Kraft, 1989; Bhattacharya and Bloch, 2004) reinforce these arguments through empirical investigations.

Patenting

Much research has focused on the relationship between patents and innovation. Patents can be viewed as an intermediate output of the innovation process. This implied relationship and the fact that patents may be measured easily are the reasons why patents have often been used as a proxy for innovation. Unfortunately, patents, similar to R&D, are neither a necessary nor sufficient condition for innovation. The protection they provide is often overstated with little empirical evidence to back it up (Cohen, 1996). Patents have been linked to rapidly growing biotechnology firms, but Niosi (2000) suggests the importance of patents is to signal venture capital investors of a novel and worthy technology.

Patents have mostly been found to be effective only for pharmaceutical industries (Scherer, 2002) with other forms of intellectual property protection found to be more effective in other sectors. Moreover, in some sectors very little patenting is used at all. Avermaete et. al (2003) suggest that innovations in small food processing firms are seldom patented. However, patents do signal some innovative capacity and therefore ought to be considered as a driver of innovation.

Sector characteristics

Biotechnology products and processes span agriculture, food, human health, the environment and other industries (McNiven, 2001). Sector differences are most affected by the technological opportunities and competitive conditions of a sector. Cohen (1996) suggests, as a result of more science-friendly environments, the technological advance per unit of R&D is greater in some industries than others. Moreover, the competitive conditions of an industry also affect sub-sector differences. A sector may encounter a monopolistic or highly concentrated industry or may face fierce competition. Both types of competition, whether high or low, have been hypothesized to have positive effects on innovation. Consequently, one might expect sector specific effects to arise in any study of cross-sectoral innovative activity. As such, covariates will be developed to account for such effects.

Firm characteristics

For an emerging industry like biotechnology, two firm characteristics are often discussed, firm age and whether or not the firm is a public or privately held company. Age, which suggests experience, has been positively linked to the creative or innovative capacity of a firm (Traore, 2004a). Age has also been suggested to partly explain the rapid growth of Canadian biotechnology firms (Niosi, 2000).

A major difference between publicly traded firms and privately held firms is the priorities of stakeholders. For publicly traded firms, the firm is ultimately responsible to the shareholders and must prioritize their activities in such a way. On the other hand, privately held firms can decide on their priorities internally. Public companies also

tend to have greater assets at their disposal. Although both types of firms have advantages, their effect on the innovative activity of a firm is uncertain.

Strategic focus

Firms can focus their efforts on either early stage development, late stage commercialization or be comprehensive in the scope of their innovative activities. While the literature is somewhat silent with respect to the role these different foci might play, it is nonetheless important to account for such firm level perspectives as these will speak not only to the firm's core competencies, but also capture conscious strategic decisions a firm makes and concomitant ability to manage the innovation process.

In summary, the innovative ability of firms can be driven by factors including engagement in collaborative arrangements, capital requirements and access, R&D effort, firm size, intellectual property transfers and contracting, patenting, firm and sector characteristics and the strategic focus of the firm. This paper examines whether these factors affect the innovative capacity of Canadian biotechnology firms and the nature of the impact.

Empirical model

To determine the influence of various factors on innovation in the Canadian biotechnology industry, one must first be able to measure innovation. The two most common measures include research and development activity (Hamberg, 1964, Scherer, 1991) and patent registration statistics (Griliches, 1990, Scherer, 1965). Recent Canadian research has focused on measuring innovation by classifying a firm as either an innovator or not (Baldwin and Sabourin, 1999) or by the number of products/process in development (Traore and Rose, 2003; Traore, 2004a).

Two important factors in selecting the innovation measurement indicator for this study include: 1) the availability of data and 2) distinct industry characteristics. Although R&D expenditures and patent statistics have a rich history, their weaknesses have been routinely pointed out throughout the innovation literature (see, for example, Brouwer and Kleinknecht, 1997; Kleinknecht, Brouwer and Van Montfort 2002). The biggest flaw of these innovation measurement indicators is their inability to link the measures with a final outcome (i.e., a commercialised product or process). Moreover, defining innovation as a process that results in a new or significantly improved product or process (OECD, 1992) suggests the importance of measuring innovation at the furthest commercialization stage possible. This means accounting for both pre-market and on the market products/processes when trying to measure innovation.

Accounting for products/processes in pre-market development stages is important for industries, such as biotechnology, that lack integration. As previously discussed, a firm that cannot operate at later stages of development will be forced to develop products only to a certain stage and sell off or license their technology before being able to

commercialize it. Focusing only on market products ignores the early stage niche firms who would never have products on the market. However, these firms are important sources of ideas and products for larger integrated and late stage firms. The inclusion of products/processes across all stages of development will allow an innovation measurement indicator to account for innovative firms who are focused in early product/process development stages.

Taking into account the availability of data and specific characteristics of the Canadian biotechnology industry, the most suitable indicator of innovative activity is the total number of products/processes across all stages of development for a firm.[2] This approach was followed by Traore (2004a). We build on his work by expanding the modeling strategy beyond the total number of products at all stages of the innovation spectrum (i.e. pre-market and on the market), and also model the number of products for the early focused firms and late focused firms. Such analysis allows one to determine whether different drivers of innovation have a differential effect across the innovation spectrum.

The relationship between the number of products/processes a firm has (either in total or in the early or late stage of the innovation process) and measures related to the drivers of innovation is captured using equation (1). Here, the natural log of the number of products is regressed on covariates related directly to the drivers of innovation:

2. A caveat to using this measure of innovation is that it does not account for the value of an innovation. There have been numerous attempts to devise a value scheme for innovations using terms such as "radical" or "incremental" or "discontinuous", but no consensus has been reached (Garcia and Calantone, 2002). The concept adopted by Statistics Canada and used in their 1999 Survey of Innovation defines an innovation as a world-first, Canada-first or firm-first but this rating has not been included in the BUDS surveys. Attaining a measure of innovation values would be very important as a weight could be attached to each product/process. Accepting this limitation and the need for developing a consistent and singular value scheme for innovations is an extension of all present innovation research.

$$\ln(N_i) = \beta_0 + \beta_1 Burnrate_i + \beta_2 RDemp_i + \beta_3 OtherEmp_i + \beta_4 ExPatent_i$$
$$+ \beta_5 CapitalRaised_i + \beta_6 IPgrant_i + \beta_7 IPacq_i + \beta_8 TotCol_i$$
$$+ \beta_9 RDcontracts_i + \beta_{10} Regcontracts_i + \beta_{11} Early_i + \beta_{12} Late_i \qquad (1)$$
$$+ \beta_{13} Firmage_i + \beta_{14} PriPub_i + \beta_{15} Size1_i + \beta_{16} Size2_i + \beta_{17} Agbio_i$$
$$+ \beta_{18} Foodpro_i + \beta_{19} HuHeal_i + \varepsilon_i.$$

In equation 1, $\ln(N_i)$ is the natural log of the number of products/processes for the ith firm. The capital burn rate of the firm, $Burnrate_i$, defined as the ratio of biotechnology revenue to biotechnology R&D expenditure, is related to the capital requirements driver, and is hypothesized to have a positive effect.

The ratio of biotechnology R&D employees to the total number of employees, $RDemp_i$, has been included as a relative measure of R&E intensity within the firm, while the ratio of non-R&D biotechnology employees to total number of employees, $OtheEmp_i$, has also been included to capture their role in supporting R&D. Specifically, non-R&D employees serve an important R&D supporting role, such as financial, marketing, managerial, production, etc. for biotechnology products/processes, and could work to improve R&D effectiveness and increase the innovative capacity of the firm. Both $RDemp_i$ and $OtheEmp_i$ are hypothesized to have positive effects.

The existing number of patents, $ExPatent_i$, naturally captures the role of patents as a driver of innovation and is expected to have a positive sign. An additional capital based drive, $CapitalRaised_i$, measures the dollar value of capital raised by the firm for biotechnology related purposes and is also expected to have a positive effect. The role of intellectual property transfers is captured via $IPgrant_i$ and $IPacq_i$, which account for whether a firm grants or acquires IP, respective. $IPgrant_i$ ($IPacq_i$) is a dummy variable assuming a value of one of the firm grants (acquires) IP. Both of these dummy variables are expected to have a positive sign, in keeping with the role of IP transfers. The total number of collaborative arrangements is expected to also be positive and captured via $TolCol_i$. The effect of R&D and regulator/clinical contracting, which is related to IP transfer and contracting, is accounted for $RDcontracts_i$ and $Regcontracts_i$, respectively, which measure the dollar value of these activities. As with the IP variables, these are expected to have a positive effect on innovative activity.

Two dummy variables, $Early_i$ and $Late_i$, are used to reflect the strategic focus of the firm. $Early_i$ equals one if a firm only has products in the first two stages of the

innovation process, and zero otherwise, while $Late_i$ assumes a value of one if the firm only has products/processes in the last two stages and zero otherwise. The early and late focus variables are compared to comprehensive firms, which are defined as firms without an early of late focus. The relationship between early, late and comprehensively focused firms and their effect on the innovative activity of a firm is uncertain.

Other firm specific variables include $FirmAge_i$, which measures the age of the firm, in years, in 2001, and $PriPub_i$, a dummy variable assuming a value of one if the firm is publicly owned. Firm age is expected to have a positive relationship with innovative active (as age generally carries with it a connotation of experience which might make innovation easier), while the nature of firm ownership is expected to have an uncertain effects. Firm size dummy variables representing small ($Size1_i$) and medium ($Size2_i$) sized firms are included. $Size1_i$ equals one if the firm has less than fifty employees and zero otherwise; $Size2_i$ equals one if the firm has between 50 and 150 employees and zero otherwise. Large firms, which will be used as the reference sector, will be firms with more than 149 employees. Based on the inconsistent and contradictory results of previous empirical attempts, firm size effects are uncertain.

Lastly, sector specific dummy variables are included to narrow the focus on the agricultural, food processing and human health biotechnology sectors. $Agbio_i$ ($FoodPro_i$, $HulHeal_i$, respectively) equals one if the firm has the majority of products in the agricultural (food processing, human health, respectively) biotechnology area and zero otherwise. The reference or "other" sector consists of firms in the natural resource, environment, aquaculture and bioinformatics sectors. The hypothesized relationship of the agbiotech and human health coefficients is positive based on the high-tech nature of these industries. Conversely, the food processing sector is hypothesized to have a negative relationship based on its low-tech nature.

Data and estimation

Data for this study are taken from Statistics Canada's 2001 Biotechnology Use and Development Survey (BUDS). A screening process was used to identify firms involved in biotechnology development. A one page questionnaire was sent to 11,262 firms and had a 70 percent response rate. If a responding firm reported using or developing biotechnology products and processes, they were sent a second stage survey. The latter survey was sent to 900 firms, with 646 questionnaires being returned. In the end, 253 firms indicated involvement in developing biotechnology products and processes and accounting for non-responses, the population is estimated to be 375 (Traore, 2004b).

The questions asked in the second stage survey span topics ranging from the specific biotechnologies a firm used, to the number of products/processes they have in

development, to more traditional firm characteristics such as firm age and business strategies, as well as sector which the firm belongs.[3] A list-based definition of biotechnology was also included to allow firms to identify where they belonged in nineteen biotechnology categories.[4] Table 1 provides summary statistics for the dependent and independent variables.

For this empirical analysis, the assumptions of the classical linear regression model were assumed and the models were estimated using OLS on standardized data in Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).[5] Namely, the regression model was linear in the coefficients, had an additive error term and was correctly specified. Moreover, the error term was normally distributed with mean zero ($E[\varepsilon] = 0$); a constant variance ($Var[\varepsilon] = 0$); and uncorrelated error term observations ($Cov[\varepsilon_i, \varepsilon_j] = 0$ for all i,j). While omitting interaction terms is a weakness of the model, it was choice taken to preserve degrees of freedom.

Empirical results

Four different models were estimated. The difference lies in the sub-set of firms used for estimation. In the first case, all firms were included in the regression model (and so it is referred to as the general model). The data were then parsed into three mutually exclusive sets of firms, delineated on whether the firms was an early focus, late focused or comprehensively focused firm. The model was subsequently applied to these three foci based sub-sets, with removal of the strategic focus variables.

Results for the general model are reported in Table 2. White's (1980) test for heteroskedasticity indicates rejection of the null hypothesis of heteroskedastic errors at the five percent level. As well, the joint null hypothesis of zero slope coefficients was also rejected at the one percent level, while the adjusted R^2 was 0.353. In terms of significant covariates, the intercept (which has a value of zero in the standardized regression model) is significant at the one percent level. So too is coefficient medium-sized firm dummy variable (Size2). This suggests that medium-sized firms (50-150 employees) have greater innovative activity compared to large firms. The firm size debate focuses on the entrepreneurial nature of small firms stifled by a lack of resources versus the bureaucratic nature of large firms. Medium-sized firms can still maintain an entrepreneurial nature while having greater resources than small firms but less

3. The survey classifies firms into seven sectors: agriculture, food processing, human health, natural resources, environment, aquaculture and bioinformatics.

4. 19 biotechnology categories separated into 5 major blocks. There is an additional "other" category that includes bioinformatics and nanobiotechnologies and space to provide any unlisted biotechnologies.

5. Some may question the use of OLS to estimate the specified model. In theory, accounting for the count data nature of the data should be required. Note, however, that following Traore (2004), we have also undertaken a non-linear transformation which changes these integer values into real numbers. Moreover, no observations have zero counts in any of the models, while the data are standardized by subtracting their mean and dividing by their standard deviation. As such, any potential impact of using OLS should be minimized.

bureaucracy than large firms. They also may not be focused on the very expensive final stages of commercialization. In today's global economy, medium-sized firms can attain international goals but they can also fill niche markets for Canadian consumers.

The number of collaborative arrangements a firm has in place (# of Collaborative Arrangements) is also significant at the one percent level, and positive indicating a positive link between the number of collaborative arrangements a firm has in place and the innovative activity for a firm.

Significant and positive coefficients were estimated for the intellectual property rights granted and acquired dummy variables (# of IP rights granted and # of IP rights acquired). IP acquisition has a similar effect as CA's - it increases internal knowledge through external sources. By acquiring IP a firm can increase the number of products under development. By granting IP a firm may increase it's credibility thereby increasing its probability of securing new resources. If the IP is granted through a licensing arrangement, the revenue from the license can increase a firm's resources available for innovations.

Amongst the sector dummy variables, only that for agbiotech (Agbiotech dummy) was significant, and is positive. The food processing (Food Processing dummy) and human health (Human Health dummy) dummy variables, which had 48 and 197 firms, respectively, were just outside the ten percent level of significance and also had positive coefficients. So, relative to the "other" sector, the agricultural biotechnology sector had greater innovative activity. This result seems a natural outcome given that agbiotech firms, specifically plant biotechnology, produce a large number of products/processes or varieties with very small differences.

The last significant results for the general model involve the strategic focus dummy variables. The early and late focus (Early Focus dummy and Late Focus dummy) dummy variables are significant at the one percent level, but negative. Relative to comprehensively focused firms, firms whose strategic focus is on the either the early or late stages of develop have fewer products. Although these results suggest the importance of comprehensively focused firms, this strategy may not be feasible for firms with limited capacities. Moreover, policy and market changes may be necessary to remove the barriers that prevent a firm from developing products at a certain stage.

The significance of the early and late focus dummy variables underscores the analysis of the sub-sets of firms who are in these two groups, and the firms in the comprehensive group. Equation 1 was estimated with using data from these three sub-sets, but excluding the early and late focus dummy variables. Results for these three models are also shown in Table 2, under the headings Early Focus, Comprehensive Focus and Late Focus. For information, note that early, late and comprehensively focused firms account for 168, 47 and 160 firms, respectively.

The adjusted R^2 for these models ranges from 0.085 (for the late focused set of firms) to 0.387 (for the comprehensively focused firms). Except for the late focused firms, the joint null hypothesis that the estimated slope coefficients equal zero is rejected at the

one percent level. However, this null could not be rejected for the late focus regression, a result which likely reflects limited degrees of freedom in this regression. Because of limited degrees of freedom on the sub-samples of data, White's heteroskedasticity test was not conducted.

While the number of significant coefficients in each of the three foci model, the results do suggest some interesting observations. For the early focused model, the IP acquisition and firm age coefficients were significant (and positive) at the one percent level, while human health coefficient was significant (and positive) at the ten percent level. Results for the firm age variable suggests older firms in the, early focus group, are better able to engage in innovative activity, which may reflect the notion that older firms have had more time to adequately find their niche in the segregated biotech industry. The sign on the human health dummy variable (which suggests firms in this sector have more products than the other category) is not surprising. Early focused, health oriented firms often have a large number of products under development. Such scale of development reflects the fact that within the health sector, it takes many attempts to identify a single successful drug.

The second strategically focused model based on the 2001 BUDS is the comprehensively focused model. These 168 firms exhibit the type of business model that incorporates all aspects of product/process development. Results from the general model suggested that comprehensively focused firms have a greater innovative activity based on the number of products/processes they have in development. The coefficients for the medium-sized firm variable, IP rights granted, IP rights acquired and agricultural biotechnology variables are significant at the one percent level and positive, while the firm age variables is also positive and significant at the five percent level. As with the early focused regression these results underscore the importance of experience in shaping innovation activity.

In the late focused model, the number of collaborative arrangements variable had a significant (at the one percent level) and positive coefficient, while that for the human health dummy variable was negative and significant (at the five percent level). The first result underscores the importance of collaborations as a means of bring products into the pipeline of late focus firms. The human health variable result is not surprising since firms can afford to shepherd only a few products through the very expensive final stages of commercialisation.

Summary and conclusions

This study sought to understand what factors determine innovative activity within the Canadian biotechnology industry. This was accomplished by developing a model where the natural log of the number of products/processes a firm has at different stages of the innovation spectrum was regressed on determinants of innovation. The latter included variables capturing R&D capacity, access to outside knowledge, capital

requirements and usage, firm and sector characteristics and the strategic focus of the firm.

In broad terms, results underscore the importance of collaborative arrangements, transfer of intellectual property, firm size and age, whether the firm was in the agricultural or human health biotechnology sectors. Generally speaking, these factors all contributed to firms having more products/processes either under development, undergoing clinical trials or regulatory approval, or on the market. The focus of a firm on either early (development) or late (commercialisation) stages of innovation exclusively had a negative effect on the number of products. Firms which undertake all innovation activities tended to have more products than firms which focused on development only or regulatory/commercialization only.

This study's findings represent a contribution to innovation research literature, and to the emerging biotechnology industry in Canada. As the Canadian biotechnology industry evolves, the need to understand factors affecting innovative activity and the development of new products and processes will continue from both a firm and policy perspective. The shifting focus of agriculture in Canada from production to bio-economy initiatives will require continued theoretical and applied research in this area.

Acknowledging some of the consistent results of this study present a focused opportunity for policy makers. Increasing the ability of firms to form alliances, either formally or through IP sharing, will strengthen the ability of firms to generate new products/processes. As well, adjustments to policy that can benefit small and medium sized firms and the creation of these firms will benefit the Canadian biotechnology industry. Another initiative for policy makers will be to promote policy that will allow firms to take products/processes through the entire value chain, if they desire. This study's results showing greater innovative activity for comprehensively focused firms suggests that policy should be structured to enable firms to take products through all stages of development. Enabling firms to extend their product development will greatly benefit the industry while not pressuring firms to shift their focus. For early focused firms that are satisfied with their present focus, they can still stay focused on early stage development and in the market of idea generation.

The implications of this study should not be left only to policy makers. Biotechnology managers should be actively seeking out new ways to increase their operations. Managers can definitely benefit from effectively seeking out collaborative arrangements, granting and acquiring IP and improving internal competencies to develop products and processes at more stages along the development cycle. As firms face constant decisions whether to increase stocks of knowledge through collaborative arrangements, IP transfers or vertical integration, managers should be aware of both the positives and negatives associated with searching out any type of cooperative strategy. If properly arranged, biotechnology managers can benefit in many different ways through networks of collaboration.

The results of this study provide evidence supporting determinants of innovative activity for biotechnology firms in Canada. As this study examines 2001, results should be carefully interpreted and may be subject to change when studied over time. The biotechnology industry is important to Canada for many reasons. The transformation of Canadian society towards a knowledge-based economy is an opportunity for knowledge intensive industries, like biotechnology, to flourish. For Canadians, developing leading edge facilities and technologies will allow us to continue our high standard of living while also trying to have input in global social issues. Biotechnology has proven to produce life saving technologies, and Canadians should embrace these prospects to extend our role in these initiatives. The growth of the biotechnology industry, and enlightening statistical analysis of the biotechnology industry will continually add insight and opportunity for all parties involved.

Successful in meeting its objectives, this study addresses a long studied and ongoing facet of economic research. This study has contributed significantly to the understanding of innovation in the industry by looking at innovation through different measures and assessing how different factors affect innovation. Innovation research will continue to grow as both the supply and demand of new products and processes carries on.

References

Akerblom, M., M. Virtaharju and A. Leppaahti, 1996. A Comparison of R&D Surveys, Innovation Surveys and Patent Statistics Based on Finnish Data. *Innovation, Patents and Technological Strategies*. Paris: OECD.

Associated Press, 2005. Chinese Farmers Benefit from GM Rice, The Globe and Mail, April 28.
Online at:
www.theglobeandmail.com/servlet/story/RTGAM.20050428.wrice0428/EmailBNStory/specialScienceandHealth/

Avermaete, T., Viaene, J., Morgan, E.J., and N. Crawford, 2003. Determinants of Innovation in Small Food Firms. *European Journal of Innovation Management* Vol. 6(1), pp. 8-17.

Baldwin, J.R., 1997. The Importance of Research and Development for Innovation in Small and Large Canadian Manufacturing Firms. *Analytical Studies Branch Research Paper Series No. 107*, catalogue no. 11F0019MIE. Statistics Canada: Ottawa.

Baldwin, J.R. and D. Sabourin, 1999. Innovative Activity in Canadian Food Processing Establishments: The Importance of Engineering Practices. *Analytical Studies Branch Research Paper Series No. 101*, catalogue no. 11F0019MIE. Statistics Canada: Ottawa.

Baum, J.A.C., Calabrese T. and B.S. Silverman, 2000. Don't Go It Alone: Alliance Network Composition and Startups' Performance in Canadian Biotechnology, *Strategic Management Journal*, Vol 21, no. 3, pp. 267-294.

Bhattacharya, M. and H. Block. 2004. Determinants of Innovation. *Small Business Economics* 22(2), pp. 155-162.

Blind, K. 2004. Can Regulation be Good for Innovation. *EuroAbstracts* 42(2) pp. 8-9.

Brouwer E. and A. Kleinknecht, 1997. Measuring the Unmeasurable: A Country's Non-R&D Expenditure on Product and Service Innovation. *Research Policy* Vol. 25, no. 8, pp. 1235-1242.

Cohen, W., 1996. Empirical Studies of Innovative Activity, in P.Stoneman (ed.) *The Handbook of the Economics of Technological Change*. Oxford: Basil Blackwell. Pp. 182-264.

Cohen, W.M. and S. Klepper, 1996. Firm Size and the Nature of Innovation Within Industries: The Case of Process and Product R&D. *The Review of Economics and Statistics* Vol. 78(2), pp. 232-243.

Cozzarin, B.P., 2003. Innovation Quality and Manufacturing Firms' Performance in Canada. *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 13, no. 3, pp.199-216.

Deeds D.L. and C.W.L. Hill, 1996. Strategic Alliances and the Rate of New Product Development: An Empirical Study of Entrepreneurial Biotechnology Firms. *Journal of Business Venturing* Vol.11, no. 1, pp. 41-55.

Ernst and Young, 2003. Crunch Time for Canadian Biotech-Ernst and Young Report Reveals an Industry Both Struggling and Succeeding. *Ernst and Young Press Release*. June 2003.

Garcia, R and R Calantone, 2002. A Critical Look at Technological Innovation Typology and Innovativeness Terminology: A Literature Review. *The Journal of Product Innovation Management* Vol 19, no. 2, pp. 110-132.

Griliches, Z., 1990. Patent Statistics as Economic Indicators. *Journal of Economic Literature* Vol. 28, no. 4, pp. 1661-1707.

Hamberg, D., 1964. Size of Firm, Oligopoly and Research: The Evidence. *Canadian Journal of Economics and Political Science*, Vol. 30 (1), pp. 62-75.

Harabi N., 2001. The Impact of Vertical R&D Cooperation on Firm Innovation: An Empirical Investigation. *Economics of Innovation and New Technology* Vol. 11(2), pp. 93-108.

Industry Canada, 2000. Economic Profile of the Canadian Biotechnology Sector. *Research and Analysis Team, Life Sciences Branch*. Ottawa.

Kleinknecht, A., Van Montfort K. and E. Brouwer, 2002. The Non-Trivial Choice Between Innovation Indicators. *Economics of Innovation and New Technology* Vol. 11(2), pp. 109-121.

Kraft. K., 1989. Market Structure, Firm Characteristics and Innovative Activity. *The Journal of Industrial Economics 37(3)*, pp. 329-336.

McNiven, C., 2001. Biotechnology Use and Development Survey – 1999. Cat. No.: 88F0006XIE No. 7, *Science, Innovation and Electronic Information Division Working Paper Series*, Statistics Canada, Ottawa.

McNiven, C., Raoub, L. and N. Traore, 2003. Features of Canadian Biotechnology Innovative Firms: Results from the Biotechnology Use and Development Survey – 2001. Cat. No.: 88F0006XIE No. 5, *Science, Innovation and Electronic Information Division Working Paper Series*. Statistics Canada, Ottawa.

Niosi, J., 1995. *Flexible Innovation: Technological Alliances in Canadian Industry*. McGill-Queen's University Press, Montreal.

Niosi, J., 2000. Explaining Rapid Growth in Canadian Biotechnology Firms. *Science and Technology Redesign Project.* Cat. No. 88F0017MIE No. 8. Statistics Canada: Ottawa.

Nooteboom, B., 1991. Entry, Spending and Firm Size in a Stochastic R&D Race. *Small Business Economics* Vol. 3, pp. 103-120.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 1992. Oslo Manual: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data, Paris.

Scherer, F.M., 1965. Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Innovations. *The American Economic Review* Vol. 55(5), pp. 1097-1125.

Scherer, F.M., 2002. The Economics of Human Gene Patents, *Academic Medicine*, 77(12) pp. 1348-1367. Online at: http://www.aamc.org/research/sloan/scherer.pdf.

Scherer, F.M. and D. Ross. 1990. *Industrial Market Structure and Market Performance*. Third Edition. Houghton Mifflin & Co.: Boston.

Schumpeter, J, 1942. *Capitalism, Socialism and Democracy.* Harper: New York.

Sparling, D. and M. Vitale. (2003) "Australian Biotechnology – Do Perceptions and Reality Meet?" Report to the Australian Stock Exchange on biotechnology IPOs 1998-2002.

Therrien, P. and P. Mohnen, 2003. How Innovative are Canadian Firms Compared to Some European Firms? A Comparative Look at Innovation Surveys. *Technovation* Vol. 23(4), pp. 359-369.

Traore, N., 2004a. Canadian Biotech Firms' Creative Capacity: On the Role of Absorptive Capacity, Relational Capital, Learning and Firm Characteristics. *International Journal of Biotechnology* Vol. 6(1), pp. 1-19.

Traore, N., 2004b. Biotechnology Use and Development Survey: methodology, issues and responses, *Statistics Canada*, Catalogue No. 88F0006XIE2004006. Ottawa, Canada.

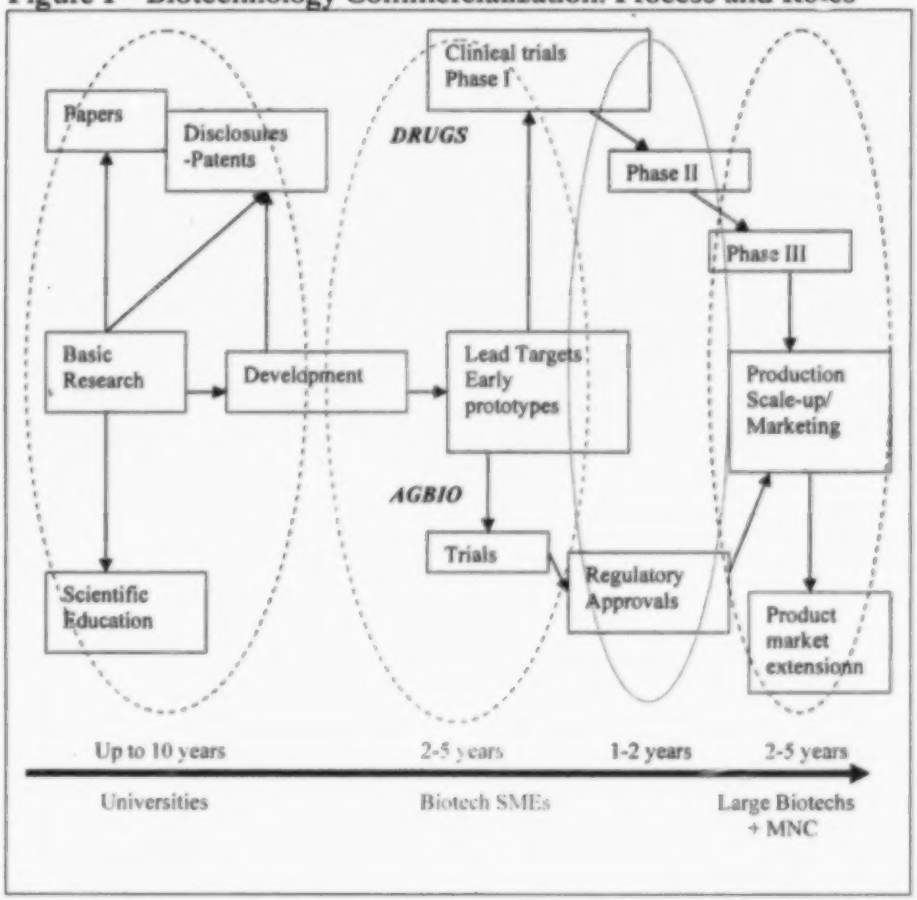
Traore, N. and A. Rose, 2003. Determinants of Biotechnology Utilization by the Canadian Industry. *Research Policy* Vol. 32 no. 10, pp. 1719-1735.

Tourigny, D. and C.D. Le, 2003. Impediments to Innovation Faced by Canadian Manufacturing Firms. *Economics of Innovation and New Technology* Vol. 13(3), pp. 217-250.

White, H., 1980, A Heteroscedasticity-Consistent Covariance Matrix and Direct Test for Heteroscedasticity, *Econometrica*, Vol.48, pp. 817-838.

World Economic Forum, 2005. The Global Competitiveness Report 2004-2005. Geneva, Switzerland.

Figure 1 – Biotechnology Commercialization: Process and Roles



Source: Sparling and Vitale, 2003. *Australian Biotechnology: Do Perceptions and Reality Meet?*, Report to the Australian Stock Exchange on biotechnology IPOs 1998-2002, 2003.

Table 1 –Descriptive Statistics[a]

	All firms	Early Focus	Comprehensive Focus	Late Focus
Log of Number of Products	1.88	1.36	2.55	1.44
	1.36	1.02	1.38	1.34
Size1 (< 50 employees)	0.71	0.84	0.64	0.55
	0.45	0.37	0.48	0.5
Size2 (50-150 employees)	0.16	0.11	0.13	0.32
	0.36	0.31	0.36	0.47
R&D biotech employees/employees	0.46	0.57	0.39	0.28
	0.31	0.28	0.27	0.32
Non-R&D biotech employees/employees	0.27	0.24	0.31	0.28
	0.27	0.23	0.27	0.31
R&D contracting ($000s)	552.27	524.89	632.66	375.01
	2056.44	2063.45	2103.42	1889.17
Regulatory contracting ($000s)	325.9	125.02	238.31	1351.77
	2938.21	781.09	1459.15	7737.01
# of Collaborative Arrangements	3.06	2.9	3.49	2.17
	6.82	7.56	6.58	4.24
# of IP rights granted	4.36	0.21	9.97	0.09
	66.78	0.94	102.11	0.38
# of IP rights acquired	1.06	0.44	1.92	0.37
	5.51	2.03	8.1	0.82
# of existing patents	12.42	4.17	16.18	29.26
	68.95	11.19	77.64	129.99
Burnrate	43.38	5.84	83.97	39.5
	454.2	26.48	689.93	132.58
Private firm/Public firm dummy	0.25	0.19	0.33	0.19
	0.43	0.39	0.47	0.4
Firm age	13.41	8.22	16.28	22.26
	19.59	12.48	21.79	26.64
Capital Raised ($000s)	2352.51	2889.7	2412.15	208.65
	7398.87	8382.04	7280.18	742.85
Agbiotech dummy	0.17	0.12	0.22	0.23
	0.38	0.32	0.41	0.42
Food Processing dummy	0.13	0.04	0.2	0.2
	0.34	0.2	0.39	0.4
Human Health dummy	0.52	0.67	0.46	0.22
	0.5	0.47	0.5	0.41
Early Focus dummy	0.45	...	...	...
	0.49	...	...	...
Late Focus dummy	0.12	...	...	...
	0.33	...	...	...

a. Mean value shown above, standard deviation shown in parentheses.
... not applicable

Table 2 – General and Strategic Foci Model Regression Results

	All firms		Early Focus		Comprehensive Focus		Late Focus	
	Estimate	t-Statistic	Estimate	t-Statistic	Estimate	t-Statistic	Estimate	t-Statistic
Constant	…	**6.056***	…	**1.766*****	…	**3.159***	…	1.604
Size1 (< 50 employees)	-0.075	-0.928	-0.176	-1.048	-0.012	-0.111	-0.154	-0.351
Size2 (50-150 employees)	0.147	**2.160***	0.092	0.623	0.293	**3.032***	-0.282	-0.753
R&D biotech employees/employees	0.018	0.315	0.145	1.467	-0.012	-0.133	-0.094	-0.445
Non-R&D biotech employees/employees	-0.01	-0.188	0.019	0.209	0.073	0.925	0.09	0.365
R&D contracting ($000s)	0.035	0.72	0.008	0.107	0.033	0.433	-3.517	-1.037
Regulatory contracting ($000s)	-0.06	-1.383	-0.036	-0.469	0.002	0.017	-0.447	-0.896
# of Collaborative Arrangements	0.1	**2.221***	0.084	0.949	0.091	1.294	0.508	**2.577***
# of IP rights granted	0.263	**6.043***	0.07	0.865	0.464	**6.400***	-0.015	-0.089
# of IP rights acquired	0.169	**3.576***	0.151	**2.052****	0.21	**2.630***	0.241	1.034
# of existing patents	-0.047	-0.936	0.005	0.065	-0.083	-1.052	3.62	1.081
Burnrate	-0.03	-0.699	-0.084	-1.111	-0.078	-1.157	-0.137	-0.798
Private firm/Public firm dummy	-0.033	-0.693	-0.025	-0.301	-0.049	-0.587	-0.161	-0.652
Firm age	0.087	1.515	0.226	**2.604***	0.197	**1.994****	-0.086	-0.39
Capital Raised ($000s)	0.022	0.458	0.127	1.456	-0.146	-1.515	0.185	0.894
Agbiotech dummy	0.212	**3.871***	0.103	1.104	0.401	**4.302***	-0.043	-0.206
Food Processing dummy	0.082	1.514	0.082	0.992	0.147	1.556	-0.106	-0.53
Human Health dummy	0.097	1.52	0.179	**1.783*****	0.138	1.206	-0.488	**-2.336****
Early Focus dummy	-0.341	**-6.965***	…	…	…	…	…	…
Late Focus dummy	-0.246	**-5.202***	…	…	…	…	…	…
Adj. R^2	0.353	…	0.165	…	0.387	…	0.085	…
F-Test	11.478*	…	2.953*	…	6.905*	…	1.251	…
Sample Size	375	…	168	…	160	…	47	…
White's Test	117(1)	…	…	…	…	…	…	…

*,**,***, indicate a 1%,5% and 10% level of significance, respectively

1 – The critical value of χ^2 with 209 degrees of freedom is 244 at the 5% level of significance.

… not applicable

Agriculture and rural working paper series

(* The *Agriculture and Rural Working Paper Series* is now available on Statistics Canada's Web Site (www.statcan.ca). From the *Our products and services* page, under *Browse our Internet publications (PDF or HTML)*, choose *Free*.)

No.1	(21-601-MPE1980001)	**A Description of Theil's RMPSE Method in Agricultural Statistical Forecasts (1980)**, Stuart Pursey
No.3	(21-601-MPE1981003)	**A Review of the Livestock Estimating Project with Recommendations for the Future (1981)**, Bernard Rosien and Elizabeth Leckie
No.4	(21-601-MPE1984004)	**An Overview of the Canadian Oilseed Industry (1984)**, Glenn Lennox
No.5	(21-601-MPE1984005)	**Preliminary Analysis of the Contribution of Direct Government Payments to Realized Net Farm Income (1984)**, Lambert Gauthier
No.6	(21-601-MPE1984006)	**Characteristics of Farm Entrants and their Enterprises in Southern Ontario for the Years 1966 to 1976 (1984)**, Jean B. Down
No.7	(21-601-MPE1984007)	**A Summary of Commodity Programs in the United States (1984)**, Allister Hickson
No.8	(21-601-MPE1984008)	**Prairie Summerfallow Intensity: An Analysis of 1981 Census Data (1984)**, Les Macartney
No.9	(21-601-MPE1985009)	**The Changing Profile of the Canadian Pig Sector (1985)**, Mike Shumsky
No.10	(21-601-MPE1986010)	**Revisions to the Treatment of Imputed House Rents in the Canadian Farm Accounts, 1926-1979 (1986)**, Mike Trant
No.11	(21-601-MPE1992011)	**The Ratio Estimator: an Intuitive Explanation and Its Use in Estimating Agriculture Variables (1992)**, François maranda and Stuart Pursey
No.12	(21-601-MPE1991012)	**The Impact of Geographic Distortion Due to the Headquarters Rule (1991)**, Rick Burroughs
No.13	(21-601-MPE1991013)	**The Quality of Agriculture Data - Strengths and Weaknesses (1991)**, Stuart Pursey
No.14	(21-601-MPE1992014)	**Alternative Frameworks for Rural Data (1992)**, A.M. Fuller, Derek Cook and Dr. John Fitzsimons
No.15	(21-601-MPE1993015)	**Trends and Characteristics of Rural and Small Town Canada (1993)**, Brian Bigs, Ray Bollman and Michael McNames
No.16	(21-601-MPE1992016)	**The Microdynamics and Farm Family Economics of Structural Change in Agriculture (1992)**, Phil Ehrensaft and Ray Bollman
No.17	(21-601-MPE1993017)	**Grains and Oilseeds Consumption by Livestock and Poultry, Canada and Provinces 1992**, Livestock and Animal Products Section
No.18	(21-601-MPE1994018)	**Trends and Patterns of Agricultural Structural Change: Canada / US Comparison**, Ray Bollman, Leslie A. Whitener and Fu Lai Tung
No.19	(21-601-MPE1994019)	**Farm Family Total Income by Farm Type, Region and Size for 1990 (1994)**, Saiyed Rizvi, David Culver, Lina Di Piétro and Kim O'Connor
No.20	(21-601-MPE1991020)	**Adjustment in Canadian Agriculture (1994)**, George McLaughlin
No.21	(21-601-MPE1993021)	**Microdynamics of Farm Size Growth and Decline: A Canada-United States Comparison**, Fred Gale and Stuart Pursey
No.22	(21-601-MPE1992022)	**The Structures of Agricultural Household Earnings in North America: Positioning for Trade Liberalization**, Leonard Apedaile, Charles Barnard, Ray Bollman and Blaine Calkins
No.23	(21-601-MPE1992023)	**Potatoes: A Comparison of Canada/USA Structure**, Glenn Zepp, Charles Plummer and Barbara McLaughlin
No.24	(21-601-MPE1994024)	**Farm Structure Data: A US-Canadian Comparative Review**, Victor J. Oliveira, Leslie A. Whitener and Ray Bollman
No.25	(21-601-MPE1994025)	**Grain Marketing Statistics Statistical Methods Working Paper Version 2**, Karen Gray

Agriculture and Rural Working Paper Series (continued)

(* The *Agriculture and Rural Working Paper Series* is now available on Statistics Canada's Web Site (www.statcan.ca). From the *Our products and services* page, under *Browse our Internet publications (PDF or HTML)*, choose *Free*.)

No.26	(21-601-MPE1994026)	**Farm Business Performance: Estimates from the Whole Farm Database**, W. Steven Danford
No.27	(21-601-MPE1994027)	**An Attempt to Measure Rural Tourism Employment**, Brian Biggs
No.28*	(21-601-MIE1995028)	**Delineation of the Canadian Agricultural Ecumene for 1991**, Timothy J. Werschler
No.29	(21-601-MPE1995029)	**Mapping the Diversity of Rural Economies: A preliminary Typology of Rural Canada**, Liz Hawkins
No.30*	(21-601-MIE1996030)	**Structure and Trends of Rural Employment: Canada in the Context of OECD Countries**, Ron Cunningham and Ray D. Bollman
No.31*	(21-601-MIE1996031)	**A New Approach to Non-CMA/CA Areas**, Linda Howatson-Leo and Louise Earl
No.32	(21-601-MPE1996032)	**Employment in Agriculture and Closely Related Industries in Rural Areas: Structure and Change 1981-1991**, Sylvain Cloutier
No.33*	(21-601-MIE1998033)	**Hobby Farming - For Pleasure or Profit?**, Stephen Boyd
No.34*	(21-601-MIE1998034)	**Utilization of Document Imaging Technology by the 1996 Canadian Census of Agriculture**, Mel Jones and Ivan Green
No.35*	(21-601-MIE1998035)	**Employment Patterns in the Non-Metro Workforce**, Robert Mendelson
No.36*	(21-601-MIE1998036)	**Rural and Small Town Population is Growing in the 1990s**, Robert Mendelson and Ray D. Bollman
No.37*	(21-601-MIE1998037)	**The Composition of Business Establishments in Smaller and Larger Communities in Canada**, Robert Mendelson
No.38*	(21-601-MIE1998038)	**Off-farm Work by Census-farm Operators: An Overview of Structure and Mobility Patterns**, Michael Swidinsky, Wayne Howard and Alfons Weersink
No.39*	(21-601-MIE1999039)	**Human Capital and Rural Development: What Are the Linkages?**, Ray D. Bollman
No.40*	(21-601-MIE1999040)	**Computer Use and Internet Use by Members of Rural Households**, Margaret Thompson-James
No.41*	(21-601-MIE1999041)	**RRSP Contributions by Canadian Farm Producers in 1994**, Marco Morin
No.42*	(21-601-MIE1999042)	**Integration of Administrative Data with Survey and Census Data**, Michael Trant and Patricia Whitridge
No.43*	(21-601-MIE2001043)	**The Dynamics of Income and Employment in Rural Canada: The Risk of Poverty and Exclusion**, Esperanza Vera-Toscano, Euan Phimister and Alfons Weersink
No.44*	(21-601-MIE2001044)	**Rural Youth Migration Between 1971 and 1996**, Juno Tremblay
No.45*	(21-601-MIE2001045)	**Measuring Economic Well-Being of Rural Canadians Using Income Indicators**, Carlo Rupnik, Margaret Thompson-James and Ray D. Bollman
No.46*	(21-601-MIE2001046)	**The Geographical Patterns of Socio-Economic Well-Being of First Nations Communities in Canada**, Robin P. Armstrong
No.47*	(21-601-MIE2001047)	**Distribution and Concentration of Canadian Livestock**, Martin S. Beaulieu
No.48*	(21-601-MIE2001048)	**Intensive Livestock Farming: Does Farm Size Matter?**, Martin S. Beaulieu
No.49*	(21-601-MIE2001049)	**Agriculture Statistics for Rural Development**, Ray D. Bollman
No.50*	(21-601-MIE2001050)	**Rural and Small Town Employment: Structure by Industry**, Roland Beshiri and Ray D. Bollman

Agriculture and Rural Working Paper Series (continued)

(* The *Agriculture and Rural Working Paper Series* is now available on Statistics Canada's Web Site (www.statcan.ca). From the *Our products and services* page, under *Browse our Internet publications (PDF or HTML)*, choose *Free*.)

No.51*	(21-601-MIE2001051)	**Working Time: How do Farmers Juggle with it and How has it Impacted Their Family Total Income**, Sylvain Cloutier
No.52*	(21-601-MIE2001052)	**Growers of Genetically Modified Grain Corn and Soybeans in Quebec and Ontario: A Profile**, Bernard Hategekimana
No.53*	(21-601-MIE2002053)	**Integration of Canadian and U.S. Cattle Markets**, Rita Athwal
No.54*	(21-601-MIE2002054)	**Genetically Modified Grain Corn and Soybeans in Quebec and Ontario in 2000 and 2001,** Bernard Hategekimana
No.55*	(21-601-MIE2002055)	**Recent Migration Patterns in Rural and Small Town Canada,** Neil Rothwell et al
No.56*	(21-601-MIE2002056)	**Performance in the Food Retailing Segment of the Agri-Food Chain**, David Smith and Michael Trant
No.57*	(21-601-MIE2002057)	**Financial Characteristics of Acquired Firms in the Canadian Food Industry**, Martin S. Beaulieu
No.58*	(21-601-MIE2002058)	**Provincial Trade Patterns**, Marjorie Page
No.59*	(21-601-MIE2002059)	**An Analysis of Profits within the Canadian Food Processing Sector**, Rick Burroughs and Deborah Harper
No.60*	(21-601-MIE2002060)	**Rural Diversification**, Marjorie L. Page
No.61*	(21-601-MIE2002061)	**Definitions of « Rural »**, Valerie du Plessie et al
No.62*	(21-601-MIE2003062)	**A Geographic Profile of Canadian Livestock**, Martin S. Beaulieu et Frédéric Bédard
No.63*	(21-601-MIE2003063)	**Sub-provincial Income Disparity in Canada: Evidence from 1992 to 1999**, Alessandro Alasia
No.64*	(21-601-MIE2003064)	**Canada – Mexico Agricultural Economies and Trade Under Closer North American Relations**, Verna Mitura et al
No.65*	(21-601-MIE2003065)	**Computer Technology Adoption by Canadian Farm Businesses: An Analysis Based on the 2001 Census of Agriculture**, Jean Bosco Sabuhoro and Patti Wunsch
No.66*	(21-601-MIE2004066)	**Factors Associated with Household Internet Use in Canada**, Vik Singh
No.67*	(21-601-MIE2004067)	**Mapping the Socio-Economic Diversity of Rural Canada: A Multivariate Analysis**, Alessandro Alasia
No.68*	(21-601-MIE2004068)	**The Effect of FDI on Agriculture and Food Trade: An Empirical Analysis**, W.H. Furtan and J.J. Holzman
No.69*	(21-601-MIE2004069)	**Canada's Beef Cattle Sector and the Impact of BSE on Farm Family Income**, Verna Mitura and Lina Di Piétro
No.70*	(21-601-MIE2004070)	**Measuring Industry Concentration in Canada's Food Processing Sectors**, Darryl Harrison and James Rude
No.71*	(21-601-MIE2004071)	**Trends in Non-farm Self-employment Activity for Rural Women**, Valerie du Plessis
No.72*	(21-601-MIE2004072)	**The Redesign of the Canadian Farm Product Price Index**, Andy Baldwin
No.73*	(21-601-MIE2005073)	**Effect of Urbanization on the Adoption of Environmental Management Systems in Canadian Agriculture**, Udith Jayasinghe-Mudalige, Alfons Weersink, Brady Deaton, Martin Beaulieu and Mike Trant
No.74*	(21-601-MIE2005074)	**Factors Leading to the Implementation of Beneficial Management Practices for Manure Management on Canadian Hog Operations**, Diep Le and Martin S. Beaulieu
No.75*	(21-601-MIE2005075)	**The Competitiveness of Canada's Poultry Processing Industry**, Hao Liu et al

Agriculture and Rural Working Paper Series (end)

(* The *Agriculture and Rural Working Paper Series* is now available on Statistics Canada's Web Site (www.statcan.ca). From the *Our products and services* page, under *Browse our Internet publications (PDF or HTML)*, choose *Free*.)

No.76* (21-601-MIE2005076) **Skills, Innovation and Growth: Key Issues for Rural and Territorial Development – A Survey of the Literature**, Alessandro Alasia

No.77* (21-601-MIE2006077) **A Geographical Profile of Manure Production in Canada**, 2001 Nancy Hofmann and Martin S. Beaulieu

N° 21-601-MIF au catalogue — N° 078
ISSN: 1707-0376
ISBN: 0-662-77183-4

Document de recherche

Facteurs influant sur l'innovation en biotechnologie au Canada : analyse des données de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie de 2001

par Daryl van Moorsel, J.A.L. Cranfield et David Sparling

Division de l'agriculture
Immeuble Jean-Talon, 12e étage, Ottawa, K1A 0T6

Telephone: 1 800-465-1991

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Statistique Canada
Division de l'agriculture

Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural

Facteurs influant sur l'innovation en biotechnologie au Canada : analyse des données de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie de 2001

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2006

Tous droits réservés. Le contenu de la présente publication peut être reproduit, en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sans autre permission de Statistique Canada sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins d'étude privée, de recherche, de critique, de compte rendu ou en vue d'en préparer un résumé destiné aux journaux, et/ou à des fins non commerciales. Statistique Canada doit être cité comme suit : Source (ou « Adapté de », s'il y a lieu) : Statistique Canada, nom du produit, numéro au catalogue, volume et numéro, période de référence et page(s). Autrement, il est interdit de reproduire quelque contenu de la présente publication, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, ou de le transmettre sous quelque forme et par quelque moyen que ce soit, reproduction électronique, mécanique, photographique, pour quelque fin que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable des Services d'octroi de licences, Division des services à la clientèle, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A0T6.

Mars 2006

Nº 21-601-MIF au catalogue

ISSN : 1707-0376

ISBN : 0-662-71355-9

Périodicité : hors-série

Ottawa

This publication is available in English upon request (Catalogue no. 21-601-MIE).

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population, les entreprises, les administrations canadiennes et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques précises et actuelles.

Résumé

Les progrès de la biotechnologie passent par la poursuite de l'activité d'innovation au sein des entreprises. Pour croître, les entreprises de biotechnologie doivent comprendre les facteurs qui influent sur leur activité d'innovation. Une telle compréhension éclaire aussi les décideurs et facilite l'élaboration de politiques favorisant le secteur de la biotechnologie. Dans la présente analyse, on examine les facteurs qui déterminent l'activité d'innovation de l'industrie canadienne de la biotechnologie. Cette activité est mesurée en fonction du logarithme naturel du nombre de produits ou de procédés d'une entreprise à différentes étapes du spectre de l'innovation. On a conçu un modèle de régression de cette mesure par rapport à plusieurs déterminants de l'innovation. Les éléments moteurs importants de l'innovation comprennent les ententes de collaboration, le transfert de propriété intellectuelle (PI), la taille et l'âge de l'entreprise, son appartenance au secteur de la biotechnologie agricole ou à celui de la biotechnologie de la santé humaine, et le fait que l'entreprise mette l'accent sur le développement ou la commercialisation. En règle générale, ces facteurs ont tous contribué à accroître le nombre de produits ou de procédés de l'entreprise qui sont en développement, au stade des essais cliniques ou de l'approbation réglementaire, ou sur le marché.

Mots clés : innovation, biotechnologie, Canada, agriculture, aliment, santé humaine

Les auteurs désirent remercier Namatie Traore de ses observations constructives, Mike Trant d'avoir facilité la réalisation de cette analyse ainsi que Statistique Canada de leur avoir donné accès aux données.

Introduction

Le fait que la population canadienne soit hautement scolarisée, la proximité des États-Unis et les coûts liés à la recherche et développement (R.-D.) ont permis de créer un contexte favorable à l'essor de l'activité liée à la biotechnologie. La croissance a été rapide, le nombre d'entreprises passant de 282 en 1997 à 375 en 2001, puis à 490 en 2003. Le Canada se classe au deuxième rang mondial — derrière les États-Unis — pour ce qui est du nombre d'entreprises de biotechnologie (Ernst et Young, 2002). Bien que le nombre d'entreprises de biotechnologie générant des recettes ait augmenté (232 en 1999 par rapport à 252 en 2001), le pourcentage d'entreprises ayant des recettes a en réalité diminué (McNiven et autres, 2003). Selon le *Rapport sur la compétitivité mondiale,* dans le secteur agroalimentaire, le Canada a glissé au quinzième rang parmi la centaine d'économies selon le plus récent indice de compétitivité, et ce, après avoir occupé le sixième rang d'après ce même indice en 1998 (Forum économique mondial, 2005). De toute évidence, l'accroissement de la compétitivité future du Canada en biotechnologie dépendra des politiques et de l'infrastructure actuellement mises en place.

La biotechnologie agricole présente des défis uniques. Bien que le Canada soit un chef de file mondial en ce qui a trait à l'acceptation de la biotechnologie, beaucoup d'organismes sont encore très réticents à adopter les innovations liées à la biotechnologie agricole. Les avantages que présente la biotechnologie agricole — rendement accru des cultures, réduction de l'utilisation des pesticides ou des herbicides, entre autres (Associated Press, 2005) — n'ont pas permis de dissiper les craintes envers cette science relativement nouvelle. La persistance des problèmes liés à l'acceptation par les consommateurs laisse planer des incertitudes quant à la demande éventuelle de produits et de procédés se rapportant à la biotechnologie agricole.

L'évolution du secteur de la biotechnologie et des grands enjeux sociaux et économiques fait ressortir la nécessité de comprendre la structure et les caractéristiques des entreprises de biotechnologie de même que les incidences de ces caractéristiques ainsi que des stratégies et des facteurs environnementaux qui leur sont propres sur leur capacité d'innover et leurs résultats en matière d'innovation. Le présent document vise à évaluer les déterminants possibles de l'innovation ainsi que leur incidence sur l'activité d'innovation des entreprises de biotechnologie agricole et des autres entreprises de biotechnologie au Canada. À cette fin, on a recours à la modélisation économétrique des données de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie (EUDB) de 2001 de Statistique Canada. Cette enquête fournit des données transversales à l'échelle de l'entreprise pour la population d'entreprises de biotechnologie au Canada en 2001.

La compréhension du processus d'innovation et des déterminants de l'activité d'innovation des entreprises canadiennes de biotechnologie agricole permet d'évaluer de façon précise ce secteur de même que les politiques qui l'influencent ou le façonnent. La recherche en biotechnologie au Canada en est encore à ses débuts L'enrichissement de la documentation dans ce domaine permettra d'étoffer les données relatives à l'avenir et à l'orientation de l'activité d'innovation dans le secteur de la biotechnologie agricole au Canada. Bien qu'elle porte sur un seul pays, la

présente analyse est utile, car on y décrit les éléments moteurs de l'innovation dans un secteur en plein essor. En outre, elle permet de faire des comparaisons fondées sur des données de référence — tant des comparaisons chronologiques à l'échelle nationale que des comparaisons internationales — lesquelles assureront une compréhension systématique des éléments moteurs de l'innovation à l'échelle mondiale. Dans la prochaine section, on donne une description conceptuelle du processus d'innovation en biotechnologie ainsi que les éléments moteurs de l'innovation. On examine ensuite le modèle, les données et les résultats empiriques, puis on présente un résumé ainsi qu'une conclusion.

Compréhension du processus d'innovation

Le secteur public est celui qui, traditionnellement, a entrepris la majeure partie de la recherche fondamentale nécessaire au développement de nouveaux produits ou procédés de biotechnologie. Même si les organismes publics (les universités et les hôpitaux, entre autres) ont désormais la possibilité de pousser le développement de produits ou de procédés, les entreprises privées sont mieux outillées pour le faire. Une entreprise peut générer ses propres idées ou utiliser les résultats de travaux de recherche fondamentale réalisés ailleurs et mettre à profit les compétences de ces experts, que ce soit dans le domaine de la R.-D. appliquée, des essais ou des questions liées à la réglementation, ou dans celui de la production ou de la mise en marché, pour commercialiser de nouvelles biotechnologies.

Sparling et Vitale (2003) ont élaboré un schéma visuel permettant de conceptualiser le processus de développement et de commercialisation. Dans la figure 1 (Sparling et Vitale, 2003), on présente le processus de développement en quatre stades, de la recherche fondamentale à la commercialisation d'une entreprise de biotechnologie. Souvent, ce n'est qu'après plusieurs années de recherche fondamentale qu'une telle entreprise se lance dans des travaux de développement. Le résultat à ce chapitre est souvent la divulgation de la PI (brevets ou documents publiés). Il n'est pas nécessaire de communiquer l'idée du produit. Cependant, les chances d'obtenir du financement sont nettement meilleures si l'idée a fait l'objet d'un examen par les pairs et est considérée comme nouvelle et utile non pas seulement par le chercheur, mais aussi par d'autres (Deeds et Hill, 1996; Niosi, 2000).

Une fois franchi le stade de l'idée, le premier des quatre stades de développement du produit ou du procédé débute. Il s'agit de la R.-D., qui consiste à préparer le produit ou le procédé en vue du deuxième stade de développement, c.-à-d. celui des essais cliniques ou sur le terrain. Si elle n'a pas la compétence nécessaire pour entreprendre la R.-D. ou faire les essais cliniques ou sur le terrain, l'entreprise peut sous-traiter ces activités ou conclure une entente de collaboration pour obtenir ces services. Les entreprises qui sont en mesure d'entreprendre la R.-D. et d'effectuer des essais peuvent quant à elles générer des recettes en fournissant des services à d'autres entreprises dans ces domaines.

Dans le cas des entreprises de biotechnologie agricole, le produit ou le procédé doit, à l'occasion du deuxième stade de développement, satisfaire aux exigences en matière de sécurité, et ce, tout en étant efficace. Les essais cliniques exigés dans le secteur de la santé humaine supposent une évaluation beaucoup plus rigoureuse afin de protéger le plus possible les utilisateurs éventuels du produit ou du procédé. Ces essais se

déroulent en trois phases successives. Le deuxième stade de développement équivaut donc à réaliser les essais de la première phase pour prouver que le produit est sûr, puis à aborder la deuxième phase.

La R.-D. ainsi que les essais cliniques ou sur le terrain à l'échelle de l'entreprise sont souvent réalisés par des petites et moyennes entreprises (PME), qu'on appelle également « entreprises spécialisées en biotechnologie ». Ce processus, qui dure généralement de deux à cinq ans, peut produire différents résultats. La PME peut continuer de développer le produit ou le procédé après les deux stades initiaux ou vendre ou céder sous licence le fruit de ses travaux à une grande multinationale capable de mener à terme les derniers stades du processus de développement.

Le troisième stade de développement d'un produit ou d'un procédé de biotechnologie est celui de la réglementation ou de l'évaluation en milieu confiné. Ce stade, long et coûteux, est vu comme un obstacle par beaucoup de PME (Blind, 2004; Industrie Canada, 2000), C'est à ce moment que beaucoup de technologies sont vendues ou cédées sous licence à de grandes multinationales ayant les ressources nécessaires pour mener à bien le projet. Le dernier stade est celui du développement de marchés, où la production, la commercialisation et la distribution deviennent des éléments clés. Les forces manifestes des grandes entreprises en ce qui a trait à la production, la mise en marché et la distribution de produits ou procédés expliquent leur domination sur le plan de la commercialisation.

Les quatre stades de développement d'un produit ou d'un procédé peuvent être regroupés en deux grandes étapes : l'étape préliminaire (premier et deuxième stades) et l'étape avancée (troisième et quatrième stades). Les entreprises orientées vers l'étape préliminaire, soit celle de la recherche, ont des produits et des procédés uniquement aux premier et deuxième stades de développement. En revanche, les entreprises axées sur les deux derniers stades n'ont pas de produit ni de procédé à l'étape préliminaire.

Éléments moteurs de l'innovation

La présente analyse vise à comprendre les facteurs qui influent sur l'innovation dans le secteur canadien de la biotechnologie. Dans cette section, on examine les facteurs qui sont réputés permettre de façonner l'innovation dans divers secteurs et pays, en vue de constituer des covariables pour un modèle empirique.

Ententes de collaboration

Grâce aux ententes de collaboration, une entreprise peut concentrer ses activités dans les secteurs où elle jouit d'un avantage concurrentiel, et ce, tout en ayant accès à des technologies ou à des capacités qu'elle ne possède pas. Selon Mohnen et Therrien (2003), il existe une relation positive entre *toute* collaboration et la part des ventes attribuables à l'innovation, si l'on tient compte de la taille de l'entreprise, du secteur, de l'état de la R.-D. et des subventions gouvernementales.

Pour ce qui est des liens entre les entreprises, les ententes de collaboration sont importantes pour faire contrepoids à l'absence d'intégration dans le secteur de la

biotechnologie, qui se caractérise par une multitude de nouvelles entreprises de petite taille qui ne peuvent pas amener un produit ou un procédé du stade initial de la R.-D. jusqu'à celui de la commercialisation. Baum et autres (2000) ont conclu que les dirigeants des nouvelles entreprises de biotechnologie ont avantage à forger des alliances à l'étape du démarrage et qu'elles devraient continuer à agir ainsi au fur et à mesure qu'elles s'établissent, car ce besoin d'alliances ne diminue pas au fil du temps.

Pour les grandes entreprises, les ententes de collaboration constituent un complément à la capacité interne de développement et leur permettent de tirer profit de leurs compétences dans les domaines juridique et réglementaire ainsi que dans ceux de la mise en marché, de la production et de la distribution. On s'attend donc à ce qu'il existe une relation positive entre l'activité d'innovation et le nombre d'ententes de collaboration conclues par une entreprise.

Besoins en capital

Compte tenu du fait qu'environ 20 % des entreprises canadiennes en biotechnologie génèrent des profits ou à tout le moins font leurs frais (Ernst et Young, 2003), le financement constitue un aspect essentiel à leur survie. Les entreprises de biotechnologie ont accès à un certain nombre de sources de financement. Le plus souvent, elles ont recours à du capital de risque (de source canadienne ou américaine) pour financer leurs activités. Toutefois, il arrive aussi qu'elles fassent appel à des investisseurs providentiels, à des programmes gouvernementaux ou à un placement initial, ou encore à des sources de financement plus traditionnelles (les banques et les membres de la famille, entre autres).

Le climat d'investissement fait souvent en sorte qu'il est difficile d'obtenir des capitaux. Le krach boursier de 1987 s'est révélé une première à ce chapitre pour les entreprises de biotechnologie. Au début de 1992, après qu'un certain nombre de médicaments américains eurent fait l'objet d'essais cliniques infructueux, le climat d'investissement a commencé à se détériorer à nouveau pour les entreprises de biotechnologie (Niosi, 1995, p. 81). L'essor de la technologie et la période de récession vers la fin des années 1990 et au début des années 2000 constitue un autre exemple récent qui illustre bien l'instabilité des marchés financiers avec laquelle les entreprises de biotechnologie doivent composer. Il est désormais essentiel pour toutes les entreprises de biotechnologie de générer des recettes étant donné que le niveau de financement externe a chuté en 2002 à 40 % du niveau observé en 2001 et à 45 % du niveau observé en 2000 (Ernst et Young, 2003).

Il est difficile d'obtenir des capitaux non seulement lorsque le climat d'investissement est morose, mais aussi dans les périodes de prospérité économique, les bailleurs de fonds ayant l'habitude de rationner l'offre de capitaux même pour les technologies prometteuses afin de diminuer leurs risques. Les technologies au stade initial de développement sont davantage susceptibles de faire l'objet de contrats asymétriques, d'où la réticence des bailleurs de fonds à financer des projets d'innovation. On s'attend à ce qu'il existe une relation positive entre l'activité d'innovation et l'offre de capitaux.

Activité de R.-D.

La R.-D. est souvent considérée comme un élément clé de la croissance de l'activité d'innovation au sein d'une entreprise. Le fait d'investir dans la R.-D. permet à une société d'affecter des ressources matérielles à la recherche et de disposer d'une équipe de chercheurs qui travaille à développer de nouveaux produits ou procédés. L'activité de R.-D. est importante pour créer des innovations de classe internationale (Cozzarin, 2003). Toutefois, elle n'est ni une condition nécessaire ni une condition suffisante pour qu'il y ait innovation (Baldwin, 1997; Akerblom, Viraharju et Leppaahti, 1996).

On s'est interrogé sur la façon de mesurer de façon précise l'ensemble de la R.-D. et sur les éléments non mesurables de la R.-D., puis on a exprimé des préoccupations quant à la capacité d'appropriation de la R.-D. Par exemple, les budgets de R.-D. sous-estiment l'activité d'innovation des PME. Contrairement aux grandes entreprises, les PME ne disposent pas d'un budget de R.-D. en bonne et due forme et doivent tabler sur l'adoption de technologies ou encore sur la capacité d'innovation d'une autre entreprise (Tourigny et Le, 2003). Par ailleurs, les PME entreprennent, semble-t-il, moins de R.-D. que les grandes entreprises du fait que les retombées prévues de la R.-D. augmentent selon la taille de la société (Nooteboom, 1991). Enfin, la propension à investir dans la R.-D. est déterminée par l'appropriation par l'entreprise des avantages liés à la R.-D. L'entreprise qui réalise des travaux fructueux de R.-D. n'est pas certaine d'obtenir la rétribution souhaitée pour ses activités d'innovation. Ainsi, l'incapacité de certaines entreprises d'en arriver à une discrimination parfaite par les prix constitue un autre facteur qui risque d'empêcher l'entreprise de récupérer les frais considérables qu'elle a consacrés à la R.-D. (Harabi, 2001). Ces supposées différences dans les caractéristiques structurelles laissent entendre qu'il y a lieu d'examiner de façon plus poussée la relation entre l'activité de R.-D. et l'activité d'innovation. Par conséquent, les variables liées à l'activité de R.-D. (soit les dépenses de R.-D. et le personnel) seront incluses comme variables explicatives dans la régression.

Taille de l'entreprise

Un volet important de la documentation sur l'innovation est consacré aux incidences de la taille de l'entreprise sur l'activité d'innovation. Cohen et Klepper (1996) prétendent qu'il est avantageux pour les grandes entreprises de faire de la R.-D. et que cette activité leur permet d'avoir un meilleur rendement économique. L'étalement des coûts est la principale raison qui explique les avantages liés à la taille. Il y a toutefois une explication plus poussée au rendement économique accru que produit la R.-D. Les grandes entreprises, qui sont actives sur le plan de la R.-D., s'adonnent à moins de travaux qui font double emploi que les petites entreprises, lesquelles ne connaissent pas les projets de R.-D. de leurs compétiteurs. Par conséquent, la réduction des chevauchements dans l'activité de R.-D. se traduira par des avantages accrus à ce chapitre pour une industrie ou un secteur [1].

1. La synthèse des effets de la taille de l'entreprise faite par Cohen et Klepper est fondée en partie sur l'ouvrage précurseur de 1942 de Schumpeter. Selon Schumpeter (1942), les grandes entreprises sont avantagées en raison du fait qu'elles possèdent une infrastructure établie de production, de commercialisation et de distribution ainsi que les ressources financières nécessaires pour exploiter les nouvelles technologies. D'autres adeptes plus récents de la théorie voulant que les grandes entreprises possèdent des avantages sur le

Même si la taille de l'entreprise a, croit-on, un effet positif sur l'activité de R.-D., il se peut qu'il n'y ait pas de relation similaire entre cette caractéristique et d'autres mesures de l'activité d'innovation. Cohen et Klepper (1996) concluent que le nombre d'innovations par dollar de R.-D. diminue en fait selon la taille de l'entreprise. Cette situation pourrait être attribuable au fait que les grandes entreprises ont tendance à mener les produits jusqu'aux dernières étapes de la commercialisation, lesquelles sont très coûteuses. Plus récemment, Traore (2004a) a constaté que la souplesse des PME compensait les avantages des grandes entreprises de biotechnologie (celles qui comptent plus de 150 employés) sur le plan de l'étalement des coûts. Compte tenu des incertitudes théoriques relativement à la taille de l'entreprise et à l'activité d'innovation, il importe aussi de constituer et d'inclure des covariables liées à la taille de l'entreprise.

Transferts de PI et passation de marché

Grâce aux transferts de PI, les réseaux peuvent mettre en commun des ressources en vendant des brevets ou en concluant des contrats de licence ou d'importants contrats d'utilisation. Dans le cas des entreprises axées sur les derniers stades du développement de produits ou de procédés, l'acquisition de droits de PI est un excellent moyen de prolonger leur « pipeline » tout en continuant de se concentrer sur leurs compétences de base. En revanche, certaines entreprises cèdent, sous licence ou autrement, des droits de PI pour générer des recettes ou pour tirer profit de découvertes en dehors de leurs champs de compétence. Certaines entreprises s'intéressent aux travaux de développement uniquement dans le but de céder ou de vendre leurs droits de PI, plutôt que de mener leurs projets à terme, c'est-à-dire jusqu'au stade de la commercialisation.

Une entreprise peut, grâce à des marchés et à des ententes de collaboration, accélérer le développement de produits en se procurant des ressources qu'elle ne possède pas. Peu importe si l'entreprise privilégie la cession ou l'acquisition de droits de PI, ou encore la passation de marchés de PI, il va sans dire qu'il existe un lien positif entre le nombre de produits ou de procédés et ces activités.

Délivrance de brevets

La relation entre les brevets et l'innovation a fait l'objet de beaucoup de recherches. Les brevets peuvent être considérés comme le produit intermédiaire du processus d'innovation. Cette relation implicite et le fait que les brevets peuvent être facilement mesurés expliquent pourquoi ceux-ci ont souvent été utilisés comme données substitutives de l'innovation. Cependant, les brevets, à l'instar de la R.-D., ne sont ni une condition nécessaire ni une condition suffisante à l'innovation. La protection qu'ils assurent est souvent exagérée et on dispose de peu de données empiriques justificatives (Cohen, 1996). On a établi un lien entre les brevets et les entreprises de biotechnologie en plein essor. Toutefois, selon Niosi (2000), les brevets sont importants pour signaler aux investisseurs en capital de risque une technologie nouvelle ou digne d'intérêt.

---

plan de l'innovation (Kraft, 1989; Bhattacharya et Bloch, 2004) ont renforcé les arguments à cet égard grâce à des recherches empiriques.

Les brevets se sont surtout révélés utiles dans le cas des industries pharmaceutiques (Scherer, 2002). Dans les autres industries, d'autres formes de protection de la PI ont été jugées plus appropriées. Par ailleurs, dans certains secteurs, la délivrance de brevets est peu fréquente. Selon Avermaete et autres (2003), les innovations des petites entreprises de transformation des aliments font rarement l'objet d'un brevet. Cependant, les brevets témoignent d'une certaine capacité d'innovation et devraient, par conséquent, être considérés comme un élément moteur de l'innovation.

Caractéristiques du secteur

Les produits et les procédés de biotechnologie relèvent de l'agriculture, de l'alimentation, de la santé humaine, de l'environnement et d'autres industries (McNiven, 2001). Les différences sectorielles s'expliquent surtout par les possibilités technologiques et la situation concurrentielle propres à chaque secteur. Selon Cohen (1996), les progrès de la technologie par unité de R.-D. sont plus marqués dans certaines industries où l'environnement est particulièrement axé sur les sciences. En outre, la situation concurrentielle d'une industrie influe sur les différences entre les sous-secteurs. Dans un secteur donné, l'industrie peut être monopolistique ou fortement concentrée ou faire face à une concurrence farouche. On a posé l'hypothèse que les deux types de concurrence (forte ou faible) ont des effets positifs sur l'innovation. Par conséquent, on peut s'attendre à ce que toute étude de l'activité d'innovation intersectorielle fasse ressortir des effets propres à chaque secteur. Il y a donc lieu de constituer des covariables pour tenir compte de ces effets.

Caractéristiques de l'entreprise

Dans le cas d'une industrie nouvelle comme celle de la biotechnologie, on s'attarde souvent à deux caractéristiques de l'entreprise, c'est-à-dire son âge et son appartenance au secteur public ou privé. On a constaté un lien positif entre l'âge, qui est synonyme d'expérience, et la capacité de créer ou d'innover (Traore, 2004a). On a également laissé entendre que l'âge explique en partie la croissance rapide des entreprises canadiennes de biotechnologie (Niosi, 2000).

Une différence importante entre les sociétés cotées en bourse et les compagnies privées réside dans les priorités des parties intéressées. La société cotée en bourse est responsable en dernier ressort de ses actionnaires, et elle doit classer ses activités par ordre de priorité dans cette perspective. En revanche, une compagnie privée peut déterminer à l'interne ses priorités. En outre, les sociétés cotées en bourse ont aussi tendance à disposer d'un actif de plus grande valeur. Bien que ces deux types d'entreprises aient des avantages, les effets de ces derniers sur l'activité d'innovation sont incertains.

Orientation stratégique

Les entreprises peuvent concentrer leurs efforts sur le développement à l'étape préliminaire ou la commercialisation à l'étape avancée, ou encore embrasser l'ensemble des activités d'innovation. Bien que la documentation ne dise rien concernant le rôle de ces différentes orientations, il est important de tenir compte des perspectives à l'échelle de l'entreprise, car celles-ci révèlent non seulement les

compétences fondamentales de la société, mais reflètent aussi les décisions stratégiques qu'elle prend consciemment et sa capacité parallèle de gérer le processus d'innovation.

En résumé, la capacité d'innovation des entreprises est tributaire de divers facteurs, notamment la conclusion d'ententes de collaboration, les besoins en capital et l'accès à celui-ci, l'activité de R.-D., la taille de l'entreprise, les transferts et les marchés de PI, la délivrance de brevets, les caractéristiques de l'entreprise et du secteur et l'orientation stratégique de l'entreprise. Dans le présent document, on examine si ces facteurs ont une incidence sur la capacité d'innovation des entreprises canadiennes de biotechnologie et l'on étudie la nature de cette incidence.

Modèle empirique

Pour déterminer l'influence de divers facteurs sur l'innovation dans l'industrie canadienne de la biotechnologie, il faut d'abord pouvoir mesurer l'innovation. Les deux mesures les plus courantes sont l'activité de R.-D. (Hamberg, 1964; Scherer, 1991) et les statistiques sur l'enregistrement des brevets (Griliches, 1990; Scherer, 1965). Dans le cadre d'études canadiennes récentes, on a mis l'accent sur la mesure de l'innovation en classant une entreprise comme innovatrice ou non innovatrice (Baldwin et Sabourin, 1999) ou en tenant compte du nombre de produits ou de procédés en développement (Traore et Rose, 2003; Traore, 2004a).

Aux fins de la présente analyse, on distingue deux facteurs importants quant au choix de l'indicateur de mesure de l'innovation : 1) la disponibilité des données et 2) les caractéristiques propres à l'industrie. Même s'il existe de riches antécédents statistiques relativement aux dépenses de R.-D. et aux brevets, leurs lacunes ont été fréquemment décriées dans la documentation sur l'innovation (voir par exemple Brouwer et Kleinknecht, 1997; Kleinknecht, Van Montfort et Brouwer, 2002). La plus grande lacune que présentent ces indicateurs de mesure de l'innovation est l'incapacité de lier les mesures à un résultat final (c.-à-d. un produit ou un procédé commercialisé). De plus, le fait de définir l'innovation comme un processus qui résulte en un produit ou un procédé nouveau ou nettement amélioré (Organisation de coopération et de développement économiques, 1992) témoigne de l'importance de mesurer l'innovation au stade le plus avancé possible de la commercialisation. Cela implique de tenir compte des produits ou des procédés tant avant qu'après la mise en marché.

Dans le cas d'industries comme celle de la biotechnologie où il y a absence d'intégration, il est important de tenir compte des produits ou des procédés qui en sont à des stades de développement préalables à la mise en marché. Comme il a été mentionné précédemment, l'entreprise qui ne peut mener son produit jusqu'au bout du processus du développement devra se contenter de le développer jusqu'à un certain stade et de vendre ou de céder sous licence sa technologie avant d'être en mesure de la commercialiser. Si l'on se concentre uniquement sur les produits sur le marché, on se trouve à exclure les entreprises qui sont orientées vers l'étape préliminaire du processus de développement et qui ne mettent jamais de produits en marché. Cependant, ces entreprises représentent d'importantes sources d'idées et de produits pour les grandes entreprises intégrées ou axées sur l'étape avancée du développement.

L'inclusion de produits ou de procédés aux divers stades de développement permet d'obtenir un indicateur de mesure de l'innovation qui tient compte des entreprises innovatrices dont l'activité est orientée vers les stades préliminaires du développement de produits ou de procédés.

Compte tenu des données disponibles et des caractéristiques propres à l'industrie canadienne de la biotechnologie, l'indicateur le plus pertinent de l'activité d'innovation d'une entreprise est le nombre total de produits ou de procédés aux divers stades de développement[2]. Traore (2004a) a suivi cette approche. S'appuyant sur ses travaux, on élargit la stratégie de modélisation afin de tenir compte non seulement du nombre total de produits aux divers stades du spectre de l'innovation (c.-à-d. avant et après la mise en marché), mais aussi du nombre de produits des entreprises orientées vers l'étape préliminaire ou vers l'étape avancée du processus de développement. Une telle analyse permet de déterminer si différents éléments moteurs de l'innovation ont un effet différentiel d'un bout à l'autre du spectre de l'innovation.

La relation entre le nombre de produits ou de procédés que possède une entreprise (soit au total, soit à l'étape préliminaire ou avancée du processus d'innovation) et les mesures liées aux éléments moteurs de l'innovation est illustrée à l'aide de l'équation (1) ci-dessous. Ici, le logarithme naturel du nombre de produits est mis en régression par rapport aux covariables qui sont directement liées aux éléments moteurs de l'innovation :

$$\begin{aligned} In(N_i) = {} & \beta_0 + \beta_1 Burnrate_i + \beta_2 RDemp_i + \beta_3 OtherEmp_i + \beta_4 ExPatent_i \\ & + \beta_5 CapitalRaised_i + \beta_6 IPgrant_i + \beta_7 IPacq_i + \beta_8 TotCol_i \\ & + \beta_9 RDcontracts_i + \beta_{10} Regcontracts_i + \beta_{11} Early_i + \beta_{12} Late_i \\ & + \beta_{13} Firmage_i + \beta_{14} PriPub_i + \beta_{15} Size1_i + \beta_{16} Size2_i + \beta_{17} Agbio_i \\ & + \beta_{18} Foodpro_i + \beta_{19} HuHeal_i + \varepsilon_i. \end{aligned} \quad (1)$$

Dans l'équation 1, $\ln(N_i)$ est le logarithme naturel du nombre de produits ou de procédés de la i[e] entreprise. Le taux d'absorption des capitaux, $Burnrate_i$, défini comme le ratio entre les recettes de la biotechnologie et les dépenses de R.-D. en

2. Des réserves ont été formulées quant à l'utilisation de cette mesure, puisque celle-ci ne tient pas compte de la valeur de l'innovation. Malgré les multiples tentatives visant à concevoir un schéma de valeurs pour les innovations en employant des termes comme « innovation radicale », « innovation supplémentaire » ou « innovation discontinue », aucun consensus ne s'est dégagé (Garcia et Calantone, 2002). Le concept retenu par Statistique Canada et utilisé dans le cadre de l'Enquête sur l'innovation de 1999 définit une innovation comme une première mondiale, une première canadienne et une première pour l'entreprise. Toutefois, cette définition n'a pas été utilisée dans le cadre de l'EUDB. Il serait très important de parvenir à mesurer la valeur d'une innovation, car cela permettrait d'attribuer un poids à chaque produit ou procédé. La reconnaissance de cette limite et de la nécessité d'élaborer un schéma de valeurs cohérent et unique pour les innovations constitue un volet supplémentaire de l'ensemble de la recherche actuelle sur l'innovation.

biotechnologie, est lié à l'élément moteur des besoins en capital; on pose l'hypothèse que le taux d'absorption des capitaux a un effet positif.

On a inclus le ratio entre le nombre d'employés ayant des responsabilités liées à la R.-D. en biotechnologie et le nombre total d'employés ($RDemp_i$) comme mesure relative de l'intensité de la R.-D. au sein de l'entreprise. En outre, on a inclus le ratio entre le nombre d'employés n'ayant pas de responsabilités liées à la R.-D. en biotechnologie et le nombre total d'employés ($OtheEmp_i$) pour tenir compte de leur rôle dans le soutien de la R.-D. Les employés n'ayant pas de responsabilités liées à la R.-D. ont en fait un rôle de soutien important en matière de R.-D. (finances, commercialisation, gestion, production, entre autres, pour les produits et les procédés de biotechnologie) et pourraient travailler à améliorer l'efficacité de la R.-D. et à accroître la capacité d'innovation de l'entreprise. On pose l'hypothèse que $RDemp_i$ et $OtheEmp_i$ ont chacun des effets positifs.

Le nombre de brevets existants, $ExPatent_i$, rend compte du rôle des brevets en tant qu'élément moteur de l'innovation, et on présume que celui-ci a un effet positif. Un autre élément moteur lié au capital, $CapitalRaised_i$, permet de mesurer la valeur monétaire des capitaux obtenus par l'entreprise à des fins biotechnologiques. On s'attend à ce qu'il ait, lui aussi, un effet positif. Le rôle des transferts de PI est mesuré grâce à $IPgrant_i$ et à $IPacq_i$, qui indiquent, respectivement, si une entreprise cède ou acquiert des droits de PI. $IPgrant_i$ ($IPacq_i$) est une variable nominale qui attribue une valeur de 1 à l'entreprise qui cède (acquiert) des droits de PI. On présume que l'une et l'autre de ces variables nominales ont un effet positif, conformément à l'idée qu'on se fait du rôle des transferts de PI. On suppose également que le nombre d'ententes de collaboration ont un effet positif, lequel est exprimé au moyen de $TotCol_i$. L'effet de la passation de marchés de R.-D. et de marchés relatifs aux essais cliniques ou à la réglementation — qui est lié aux transferts et aux marchés de PI — est pris en compte grâce aux variables $RDcontracts_i$ et $Regcontracts_i$, respectivement, lesquelles mesurent la valeur monétaire de ces activités. On présume que ces variables, à l'instar de celles liées à la PI, ont un effet positif sur l'activité d'innovation.

On a recours à deux variables nominales, $Early_i$ et $Late_i$, pour rendre compte de l'orientation stratégique de l'entreprise. $Early_i$ est égale à 1 si tous les produits de l'entreprise s'inscrivent dans les deux premiers stades du processus d'innovation; si cela n'est pas le cas, $Early_i$ est égale à 0. $Late_i$ est égale à 1 si tous les produits et les procédés de l'entreprise s'inscrivent dans les deux dernières étapes; autrement, $Late_i$ est égale à 0. Les variables liées à l'étape préliminaire et à l'étape avancée sont comparées aux entreprises à vocation universelle, qui sont définies comme étant les entreprises qui ne sont axées ni sur l'étape préliminaire ni sur l'étape avancée. La relation est incertaine entre, d'une part, les entreprises axées sur l'étape préliminaire, les entreprises axées sur l'étape avancée et les entreprises à vocation universelle et, d'autre part, leur incidence sur l'activité d'innovation de l'entreprise.

$FirmAge_i$, qui sert à mesurer l'âge de l'entreprise (en années en 2001), et $PriPub_i$, variable nominale dont la valeur est de 1 si la société est cotée en bourse, constituent

d'autres variables propres à l'entreprise. On présume qu'il existe une relation positive entre l'âge de l'entreprise et l'activité d'innovation (l'âge étant généralement synonyme d'expérience, un élément qui peut faciliter l'innovation); par ailleurs, on présume que la nature de la propriété a un effet incertain. On a inclus des variables nominales liées à la taille de l'entreprise pour indiquer s'il s'agit d'une petite entreprise ($Size1_i$) ou d'une entreprise de taille moyenne ($Size2_i$). $Size1_i$ est égale à 1 si l'entreprise compte moins de 50 employés; si cela n'est pas le cas, $Size1_i$ est égale à 0. $Size2_i$ équivaut aussi à 1 si l'entreprise a entre 50 et 150 employés; autrement, $Size2_i$ est égale à 0. Les grandes entreprises, qui constituent le secteur de référence, sont celles ayant plus de 149 employés. En raison des résultats incohérents et contradictoires des tentatives empiriques précédentes, l'effet de la taille de l'entreprise est incertain.

Enfin, on a inclus des variables nominales propres au secteur afin de restreindre le champ d'intérêt aux secteurs suivants : biotechnologie agricole, biotechnologie alimentaire et biotechnologie de la santé humaine. $Agbio_i$ ($FoodPro_i$, $HuHeal_i$, respectivement) est égale à 1 si la majorité des produits de l'entreprise s'inscrivent dans le secteur de la biotechnologie agricole (biotechnologie alimentaire, biotechnologie de la santé humaine, respectivement) et à 0 autrement. Le secteur de référence (« autre ») est constitué des entreprises des secteurs des ressources naturelles, de l'environnement, de l'aquaculture et de la bioinformatique. On pose l'hypothèse que la relation est positive dans le cas de la biotechnologie agricole et les coefficients de la biotechnologie de la santé humaine, car ces industries reposent sur la haute technologie. En revanche, on présume que la relation est négative dans le cas du secteur de la biotechnologie alimentaire, celui-ci ne faisant pas tellement appel à la haute technologie.

Données et estimation

Les données utilisées dans la présente analyse proviennent de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie (EUDB) de 2001 de Statistique Canada. Afin de repérer les entreprises qui entreprennent de la R.-D. en biotechnologie, on a appliqué un processus de sélection. On a fait parvenir un questionnaire d'une page à 11 262 entreprises. Le taux de réponse a été de 70 %. Les entreprises ayant indiqué qu'elles utilisaient ou développaient des produits ou des procédés de biotechnologie ont reçu par la suite un autre questionnaire. Ce deuxième questionnaire a été expédié à 900 entreprises, et 646 d'entre elles ont retourné le questionnaire dûment rempli. Finalement, 253 entreprises ont déclaré s'adonner à des activités de développement de produits ou de procédés de biotechnologie; si l'on tient compte de la non-réponse, on estime la population à 375 (Traore, 2004b).

Les questions posées dans le deuxième questionnaire portaient sur des sujets allant des biotechnologies particulières utilisées par l'entreprise au nombre de produits ou de procédés qu'elle avait en développement, en passant par des caractéristiques plus traditionnelles telles que l'âge de l'entreprise, les stratégies commerciales de cette

dernière, et le secteur dont elle faisait partie[3]. On a aussi fourni aux entreprises une définition de la biotechnologie tirée d'une liste afin de leur permettre de déterminer à laquelle des 19 catégories elles appartenaient[4]. Dans le tableau 1, on présente les statistiques descriptives pour diverses variables dépendantes et indépendantes.

Aux fins de l'analyse empirique, on a appliqué la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) aux données normalisées contenues dans l'Ensemble des programmes statistiques relatifs aux sciences sociales (SPSS) pour élaborer les hypothèses du modèle de régression linéaire classique et estimer les modèles[5]. Plus précisément, le modèle de régression comportait des coefficients linéaires, avait un terme d'erreur additif et était bien spécifié. Le terme d'erreur était distribué normalement avec une moyenne nulle ($E[\varepsilon] = 0$); une variance constante ($Var[\varepsilon] = 0$); et des observations de termes d'erreur non corrélés ($Cov[\varepsilon_i, \varepsilon_j] = 0$ for all i,j). L'omission de termes d'interaction est une lacune du modèle, mais on a fait ce choix dans le but de préserver les degrés de liberté.

Résultats empiriques

On a estimé quatre modèles différents. La différence réside dans le sous-ensemble d'entreprises utilisé pour faire les estimations. Dans le premier cas, toutes les entreprises ont été incluses dans le modèle de régression (d'où le nom de « modèle général »). Ensuite, on a réparti les données entre trois sous-ensembles d'entreprises s'excluant mutuellement, définis en fonction de la « vocation » (entreprises axée sur l'étape préliminaire, entreprises axées sur l'étape avancée ou entreprises à vocation universelle). On a ensuite appliqué le modèle à ces trois sous-ensembles en supprimant les variables liées à l'orientation stratégique.

Dans le tableau 2, on présente les résultats pour le modèle général. Le test d'hétéroscédasticité de White (1980) indique le rejet de l'hypothèse nulle des erreurs hétéroscédastiques au niveau de signification de 5 %. L'hypothèse nulle conjointe des coefficients à pente nulle a également été rejetée au niveau de signification de 1 %, tandis que le R^2 corrigé était de 0,353. En ce qui concerne les covariables significatives, la valeur à l'origine (0 dans le modèle de régression normalisé) est significative au niveau de signification de 1 %. Il en va de même pour le coefficient de la variable nominale liée aux entreprises de taille moyenne (Size2). Cela laisse entendre que les entreprises de taille moyenne (ayant entre 50 et 150 employés) sont

---

3. Aux fins de l'enquête, on a classé les entreprises dans sept secteurs : agriculture, transformation des produits alimentaires, santé humaine, ressources naturelles, environnement, aquaculture et bioinformatique.
4. Ces 19 catégories de biotechnologie sont réparties en cinq grands blocs. On a inclus une catégorie supplémentaire (catégorie « autre ») comprenant la bioinformatique et les nanobiotechnologies, puis on a laissé de l'espace pour permettre d'inscrire des biotechnologies qui ne figuraient pas dans la liste.
5. D'aucuns peuvent s'interroger sur l'utilisation de la méthode des MCO pour estimer le modèle spécifié. En théorie, on devrait tenir compte du fait que les données sont des données de dénombrement. Cependant, il y a lieu de noter que, tout comme Traore (2004), on a procédé à une transformation non linéaire pour convertir ces valeurs entières en nombres réels. De plus, aucune des observations dans les divers modèles ne correspondait à un chiffre de 0, et les données ont été normalisées en soustrayant leur moyenne et en divisant les résultats par leur écart type. Par conséquent, les effets possibles du recours à la méthode des MCO devraient être réduits au minimum.

plus actives que les grandes entreprises dans le domaine de l'innovation. Le débat entourant la taille des entreprises gravite autour du caractère entrepreneurial des petites entreprises qui manquent cruellement de ressources et du caractère bureaucratique des grandes entreprises. Les entreprises de taille moyenne peuvent encore conserver leur caractère entrepreneurial tout en disposant de plus de ressources que les petites entreprises et en étant moins bureaucratisées que les grandes. Par ailleurs, il se peut qu'elles ne s'intéressent pas aux derniers stades de la commercialisation, qui sont très coûteux. Dans l'économie mondiale d'aujourd'hui, les entreprises de taille moyenne peuvent se tailler une place dans l'arène internationale, mais elles peuvent aussi répondre aux marchés à créneaux des consommateurs canadiens.

Le nombre d'ententes de collaboration que l'entreprise a conclues (variable « nombre d'ententes de collaboration » dans le tableau 2) est lui aussi significatif au niveau de signification de 1 % et est précédé d'un signe positif, ce qui indique que le nombre d'ententes de collaboration est en corrélation positive avec l'activité d'innovation.

Des coefficients significatifs et positifs ont été estimés pour les variables nominales liées à la cession ou à l'acquisition de droits de PI (nombre de droits de PI accordés et nombre de droits de PI acquis). L'acquisition de droits de PI a le même effet que les ententes de collaboration : elle permet d'accroître les connaissances internes en faisant appel à des sources externes. En acquérant des droits de PI, l'entreprise peut augmenter le nombre de ses produits en voie de développement. En cédant des droits de PI, l'entreprise peut accroître sa crédibilité tout en améliorant ses chances d'obtenir de nouvelles ressources. Si les droits de PI sont cédés sous licence, les recettes obtenues peuvent accroître les ressources que l'entreprise est à même de consacrer à l'activité d'innovation.

Parmi les variables nominales liées au secteur, seule celle correspondant au secteur de la biotechnologie agricole (variable nominale de la biotechnologie agricole) était significative. Il s'agit d'une variable positive. Les variables nominales correspondant à la biotechnologie alimentaire (variable nominale de la biotechnologie alimentaire) et à la biotechnologie de la santé humaine (variable nominale de la biotechnologie de la santé humaine), pour lesquelles on dénombrait 48 et 197 entreprises, respectivement, avaient un niveau de signification tout juste au-delà de 10 %; elles avaient également un coefficient positif. Par conséquent, comparativement au secteur « autre », le secteur de la biotechnologie agricole était plus actif sur le plan de l'activité d'innovation, ce qui semble être un résultat naturel étant donné que les entreprises de biotechnologie agricole, surtout celles qui se spécialisent dans les biotechnologies végétales, produisent un grand nombre de produits ou de procédés, ou encore de variétés présentant des différences minimes.

Dans le cas du modèle général, les derniers résultats significatifs ont trait aux variables nominales liées à l'orientation stratégique. Les variables nominales liées à l'étape préliminaire ou à l'étape avancée sont significatives au niveau de signification de 1 %, mais négatives. Par rapport aux entreprises à vocation universelle, les sociétés dont l'activité est stratégiquement axée sur l'étape préliminaire ou sur l'étape avancée possèdent moins de produits. Bien que ces résultats montrent l'importance d'avoir une vocation universelle, une telle stratégie n'est peut-être pas possible dans le cas des entreprises ayant des ressources limitées. Par ailleurs, des changements aux politiques

et aux marchés peuvent s'avérer nécessaires pour éliminer les obstacles qui empêchent une entreprise de mener ses produits jusqu'à un certain stade de développement.

Le fait que les variables nominales correspondant aux étapes préliminaire et avancée soient significatives met en évidence les résultats des analyses portant sur les sous-ensembles d'entreprises qui font partie de ces deux catégories, ainsi que sur le sous-ensemble des entreprises à vocation universelle. On a estimé l'équation 1 à l'aide des données relatives à ces trois sous-ensembles, en excluant les variables nominales correspondant aux étapes préliminaire et avancée. Dans le tableau 2, on présente les résultats pour ces trois modèles, sous les catégories « entreprises axée sur l'étape préliminaire », « entreprises à vocation universelle » et « entreprises axées sur l'étape avancée ». Il convient de noter, à titre d'information, que les totaux correspondant aux trois catégories d'entreprises sont de 168, 160 et 47, respectivement.

Le R^2 corrigé de ces modèles varie entre 0,085 (sous-ensemble d'entreprises axées sur l'étape avancée) et 0,387 (sous-ensemble d'entreprises à vocation universelle). L'hypothèse nulle conjointe voulant que les coefficients estimatifs des pentes égalent 0 est rejetée au niveau de signification de 1 %, sauf dans le cas des entreprises axées sur l'étape avancée. On n'a pu rejeter cette hypothèse nulle dans le cas de la régression portant ces entreprises, vraisemblablement en raison des degrés de liberté limités présents dans cette régression. À cause des degrés de liberté limités qu'il convenait d'utiliser pour les sous-échantillons de données, le test d'hétéroscédasticité de White n'a pas été appliqué.

Par rapport au nombre de coefficients significatifs dans chacun des trois modèles, les résultats laissent entrevoir certaines observations intéressantes. Dans le cas du modèle axé sur l'étape préliminaire, les coefficients liés au nombre de droits de PI acquis et à l'âge de l'entreprise étaient significatifs (et positifs) au niveau de signification de 1 %, tandis que le coefficient lié à la variable nominale de la biotechnologie de la santé humaine était significatif (et positif) au niveau de signification de 10 %. Les résultats obtenus pour la variable « âge de l'entreprise » indiquent que les entreprises établies depuis longtemps qui font partie de la catégorie des entreprises axées sur l'étape préliminaire sont plus en mesure d'innover, situation qui tient peut-être au fait qu'elles ont eu plus de temps pour trouver leur créneau dans cette industrie fragmentée qu'est la biotechnologie. Le signe pour la variable nominale de la biotechnologie de la santé humaine (qui indique que les entreprises dans ce secteur ont plus de produits que celles de la catégorie « autre ») n'est pas étonnant. Les entreprises du secteur de la santé axées sur l'étape préliminaire ont souvent une multitude de produits en cours de développement. L'envergure des activités de développement témoigne du fait que, dans le secteur de la santé, il faut faire de nombreuses tentatives avant de trouver un médicament fructueux.

Le deuxième modèle d'orientation stratégique fondé sur l'EUDB de 2001 est celui orienté vers les entreprises à vocation universelle. Le modèle d'entreprise des 168 sociétés faisant partie de cette catégorie englobe tous les aspects du développement d'un produit ou d'un procédé. Les résultats du modèle général donnent à penser que les entreprises à vocation universelle sont plus actives sur le plan de l'innovation, si l'on en juge par le nombre de produits ou de procédés en développement. Les coefficients pour les variables liées à la taille moyenne, à la

cession de droits de PI, à l'acquisition de droits de PI et à la biotechnologie agricole sont significatives au niveau de signification de 1 % et positives, tandis que les variables liées à l'âge de l'entreprise sont elles aussi positives et significatives au niveau de signification de 5 %. Tout comme dans le cas de la régression portant sur les entreprises axées sur l'étape préliminaire, ces résultats montrent bien l'importance de l'expérience dans le façonnement de l'activité d'innovation.

Dans le modèle représentant les entreprises axées sur l'étape avancée, la variable liée au nombre d'ententes de collaboration affichait un coefficient significatif (au niveau de signification de 1 %) et positif. En revanche, la variable nominale de la biotechnologie de la santé humaine était négative et significative (au niveau de signification de 5 %). Le premier résultat témoigne de l'importance des ententes de collaboration comme moyen d'amener des produits dans le « pipeline » des entreprises axées sur l'étape avancée. Le résultat pour la variable nominale de la biotechnologie de la santé humaine n'est pas étonnant puisque les entreprises peuvent seulement mener quelques produits jusqu'aux étapes finales de la commercialisation, qui sont très coûteuses.

Résumé et conclusion

La présente analyse visait à comprendre les facteurs qui déterminent l'activité d'innovation dans le secteur canadien de la biotechnologie. À cette fin, on a élaboré un modèle où le logarithme naturel du nombre de produits ou de procédés d'une entreprise aux différents stades du spectre de l'innovation a fait l'objet d'une régression fondée sur un ensemble de variables correspondant aux déterminants de l'innovation : la capacité de R.-D., l'accès à des connaissances externes, les besoins en capital et l'utilisation de celui-ci, les caractéristiques de l'entreprise et du secteur, ainsi que l'orientation stratégique de l'entreprise.

Dans l'ensemble, les résultats montrent bien l'importance des ententes de collaboration, des transferts de PI, de la taille et de l'âge de l'entreprise ainsi que de son appartenance au secteur de la biotechnologie agricole ou à celui de la biotechnologie de la santé humaine. En règle générale, ces facteurs contribuaient tous à accroître le nombre de produits ou de procédés qui étaient soit en développement, soit soumis à des essais cliniques ou au processus d'approbation réglementaire, soit sur le marché. Seule l'orientation de l'entreprise vers l'étape préliminaire (développement) ou avancée (commercialisation) du processus d'innovation avait un effet négatif sur le nombre de produits. Les entreprises qui s'adonnaient à toutes les activités d'innovation avaient généralement plus de produits que celles qui orientaient leurs activités uniquement dans le domaine du développement ou dans celui de la réglementation ou de la commercialisation.

Les conclusions de cette analyse sont une contribution à la recherche sur l'innovation et au secteur naissant de la biotechnologie au Canada. Au fur et à mesure que ce secteur évoluera, il demeurera nécessaire de comprendre, tant du point de vue de l'entreprise que sur le plan de la stratégie, les facteurs qui influent sur l'activité d'innovation et le développement de nouveaux produits ou procédés. Par suite de la réorientation de l'agriculture canadienne de la production vers des initiatives en

bioéconomie, il faudra poursuivre la recherche théorique ou appliquée dans ce domaine.

La reconnaissance de certains des résultats cohérents qui figurent dans cette analyse offre des possibilités bien ciblées pour les décideurs. L'amélioration de la compétence des entreprises en matière de création d'alliances, qu'il s'agisse d'alliances en bonne et due forme ou fondées sur un partage des droits de PI, renforcera leur capacité de développer de nouveaux produits ou procédés. En outre, les adaptations qui seront apportées aux politiques dans l'intérêt des PME, ainsi que la création de PME, profiteront à l'industrie canadienne de la biotechnologie. Une autre initiative possible des décideurs consiste à favoriser les politiques qui permettront aux entreprises de mener, si elles le désirent, leurs produits ou leurs procédés jusqu'au bout de la chaîne de valeur. Les résultats de l'analyse montrent que les entreprises à vocation universelle participent davantage à l'activité d'innovation, ce qui donne à penser que les politiques devraient être façonnées de façon à permettre aux entreprises de mener leurs produits jusqu'au bout du processus de développement. L'habilitation à aller plus loin dans le développement de produits se traduira par d'importantes retombées pour l'industrie sans soumettre les entreprises à des pressions pour qu'elles changent d'orientation. Quant aux entreprises axées sur l'étape préliminaire du développement qui sont satisfaites de leur orientation actuelle, elles pourront continuer d'orienter leurs activités vers l'étape préliminaire et de générer des idées

On ne devrait pas laisser aux seuls décideurs le soin de se pencher sur les conséquences de cette analyse. Les dirigeants des entreprises de biotechnologie devraient chercher énergiquement de nouveaux moyens d'accroître leurs activités. Il peut certes être fort avantageux pour eux de chercher à conclure des ententes de collaboration, de céder ou d'acquérir des droits de PI et d'améliorer les compétences internes de leur entreprise afin qu'elle puisse participer à un plus grand nombre d'étapes. Comme les entreprises doivent constamment prendre des décisions en vue d'accroître leurs bassins de connaissances grâce à des ententes de collaboration, à des transferts de PI ou à l'intégration verticale, leurs dirigeants devraient connaître les avantages et les inconvénients liés à la recherche d'une stratégie quelconque de collaboration. Les dirigeants des entreprises de biotechnologie peuvent tirer profit des réseaux de collaboration de multiples façons, dans la mesure où ceux-ci sont bien organisés.

Pour les entreprises de biotechnologie du Canada, les résultats de la présente analyse sont une preuve à l'appui des déterminants de l'activité d'innovation. Comme l'analyse porte sur l'année 2001, il y a lieu d'interpréter les résultats avec prudence, car ceux-ci sont susceptibles de changer au fil du temps. L'industrie de la biotechnologie est importante au Canada pour de nombreuses raisons. La transformation de la société canadienne en une économie fondée sur le savoir offre aux industries fondées sur les connaissances comme celle de la biotechnologie l'occasion de prendre de l'essor. Le fait de se doter d'installations et de technologies de pointe permettra aux Canadiens de maintenir leur niveau de vie élevé, tout en tentant d'infléchir le traitement des enjeux sociaux à l'échelle internationale. Le secteur de la biotechnologie a démontré qu'il pouvait mettre au point des technologies susceptibles de sauver des vies, et les Canadiens devraient saisir la possibilité qui s'offre à eux d'accroître leur rôle dans ces initiatives. L'essor de l'industrie de la biotechnologie et les analyses statistiques éclairées à son sujet permettront

d'améliorer de façon continue les connaissances et les possibilités pour toutes les parties intéressées.

La présente analyse, dont les objectifs ont été atteints, porte sur un aspect de la recherche économique que l'on étudie depuis longtemps, l'activité d'innovation. Cette analyse a grandement contribué à comprendre l'innovation dans l'industrie en examinant ce phénomène grâce à différentes mesures et en évaluant comment divers facteurs influent sur cet aspect de l'innovation. Dans les années à venir, la recherche sur l'innovation prendra de l'expansion au même rythme que l'offre et la demande de nouveaux produits et procédés.

Bibliographie

AKERBLOM, M., M. VIRTAHARJU et A. LEPPAAHTI. 1996, « Comparaison des enquêtes sur la R.-D., des enquêtes sur l'innovation et des statistiques sur les brevets sur la base de données finlandaise », *Innovation, brevets et stratégies technologiques*, Paris, Organisation de coopération et de développement économiques.

AVERMATE, T., J. VIAENE, E.J. MORGAN et N. CRAWFORD. 2003, « Determinants of Innovation in Small Food Firms », *European Journal of Innovation Management*, vol. 6, n° 1, p. 8 à 17.

BALDWIN, J.R. 1997, « Importance de la recherche et du développement sur l'aptitude à innover des petites et des grandes entreprises manufacturières canadiennes », *Direction des études analytiques*, produit n° 11F0019MIF au catalogue de Statistique Canada, Ottawa. Document de recherche n° 107.

BALDWIN, J.R. et D. SABOURIN. 1999, « L'activité innovatrice dans les établissements canadiens de transformation des aliments : l'importance des pratiques d'ingénierie », *Direction des études analytiques*, produit n° 11F0019MIF au catalogue de Statistique Canada, Ottawa. Document de recherche n° 101.

BAUM, J.A.C., T. CALABRESE et B.S. SILVERMAN. 2000, « Don't Go It Alone: Alliance Network Composition and Startups' Performance in Canadian Biotechnology », *Strategic Management Journal*, vol. 21, n° 3, p. 267 à 294.

BHATTACHARYA, M. et H. BLOCK. 2004, « Determinants of Innovation », *Small Business Economics*, Vol. 22, n° 2, p. 155-162.

BLIND, K. 2004, « Can Regulation be Good for Innovation? », *EuroAbstracts*, vol. 42, n° 2, p. 8 à 9.

BROUWER, E. et A. KLEINKNECHT. 1997, « Measuring the Unmeasurable: A Country's Non-R&D Expenditure on Product and Service Innovation », *Research Policy*, vol. 25, n° 8, p. 1235 à 1242.

COHEN, W. 1996, « Empirical Studies of Innovative Activity », *The Handbook of the Economics of Technological Change*, publié sous la direction de P. Stoneman, Oxford, Basil Blackwell, p. 182 à 264.

COHEN, W.M. et S. KLEPPER. 1996, « Firm Size and the Nature of Innovation Within Industries: The Case of Process and Product R&D », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 78, n° 2, p. 232 à 243.

COZZARIN, B.P. 2004, « Innovation Quality and Manufacturing Firms' Performance in Canada. », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 13, n° 3, p. 199 à 216.

DEEDS, D.L. et C.W.L. HILL. 1996, « Strategic Alliances and the Rate of New Product Development: An Empirical Study of Entrepreneurial Biotechnology Firms », *Journal of Business Venturing*, vol. 11, n° 1, p. 41 à 55.

ERNST ET YOUNG. « Crunch Time for Canadian Biotech-Ernst and Young Report Reveals an Industry Both Struggling and Succeeding », *Ernst and Young Press Release*. Juin 2003.

FORUM ÉCONOMIQUE MONDIAL. 2005, *Rapport sur la compétitivité internationale 2004-2005*, Genève, Suisse.

GARCIA, R. et R. CALANTONE. 2002, « A Critical Look at Technological Innovation Typology and Innovativeness Terminology: A Literature Review », *The Journal of Product Innovation Management*, vol. 19, n° 2, p. 110 à 132.

GRILICHES, Z. 1990, « Patent Statistics as Economics Indicators », *Journal of Economic Literature*, vol. 28, n° 4, p. 1661 à 1707.

HAMBERG, D. 1964, « Size of Firm, Oligopoly and Research: The Evidence », *Canadian Journal of Economics and Political Science*, vol. 30, n° 1, p. 62 à 75.

HARABI, N. 2001, « The Impact of Vertical R&D Cooperation on Firm Innovation: An Empirical Investigation », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 11, n° 2, p. 93 à 108.

INDUSTRIE CANADA. 2000, *Profil économique du secteur canadien de la biotechnologie*, Équipe de recherche et d'analyse, Direction générale des sciences de la vie, Ottawa.

KLEINKNECHT, A., K. VAN MONTFORT et E. BROUWER. 2002, « The Non-Trivial Choice Between Innovation Indicators », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 11, n° 2, p. 109 à 121.

KRAFT, K. 1989, « Market Structure, Firm Characteristics and Innovative Activity », *The Journal of Industrial Economic*, vol. 37, n° 3, p. 329 à 336.

MCNIVEN, C. 2001, « L'utilisation et le développement de la biotechnologie — 1999 », *Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique*, produit n° 88F0006XIF au catalogue de Statistique Canada, Ottawa. Document de travail n° 7.

MCNIVEN, C., L. RAOUB et N. TRAORE. 2003, « Caractéristiques des entreprises canadiennes innovatrices en biotechnologie : résultats de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie — 2001 », *Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique*, produit n° 88F0006XIF au catalogue de Statistique Canada, Ottawa. Document de travail n° 5.

NIOSI, J. 1995, *Vers l' innovation flexible : les alliances technologiques dans l'industrie canadienne*, Presses de l'Université de Montréal, Montréal.

NIOSI, J. 2000, « Comment expliquer la croissance rapide parmi les entreprises canadiennes de biotechnologie? », *Projet de remaniement des sciences et de la technologie*, produit n° 88F0017MIF au catalogue de Statistique Canada, Ottawa. Document de recherche n° 8.

NOOTEBOOM, B. 1991, « Entry, Spending and Firm Size in a Stochastic R&D Race », *Small Business Economics,* vol. 3, p. 103 à 120.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (OCDE). 1992, *Manuel d'Oslo : principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique,* Paris.

SCHERER, F.M. 1965, « Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Innovations », *The American Economic Review,* vol. 55, n° 5, p. 1097 à 1125.

SCHERER, F.M. 2002, « The Economics of Human Gene Patents », *Academic Medicine,* vol. 77, n° 12, p. 1348 à 1367. Adresse Internet : www.aamc.org/research/sloan/scherer.pdf

SCHERER, F.M. et D. Ross 1990, « Industrial Market Structure and Market Performance », 3e éd., Houghton Mifflin & Co. : Boston.

SCHUMPETER, J. 1942, *Capitalisme, socialisme et démocratie,* Harper, New York.

SPARLING, D., et M. VITALE. 2003, *Australian Biotechnology: Do Perceptions and Reality Meet?,* Report to the Australian Stock Exchange on biotechnology IPOs 1998-2002.

ASSOCIATED PRESS. 2005, « Chinese Farmers Benefit from GM Rice », *The Globe and Mail,* 28 avril.
Adresse Internet :
www.theglobeandmail.com/servlet/story/RTGAM.20050428.wrice0428/EmailBNStory/specialScienceandHealth/

THERRIEN, P. et P. MOHNEN. 2003, « How Innovative are Canadian Firms Compared to Some European Firms? A Comparative Look at Innovation Surveys », *Technovation,* vol. 23, n° 4, p. 359 à 369.

TRAORE, N. 2004a, « Canadian Biotech Firms' Creative Capacity: On the Role of Absorptive Capacity, Relational Capital, Learning and Firm Characteristics », *International Journal of Biotechnology,* vol. 6, n° 1, p. 1 à 19.

TRAORE, N. 2004b, *Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie : méthodologie, questions et réponses,* produit n° 88F0006XIF2004006 au catalogue de Statistique Canada, Ottawa.

TRAORE, N. et A. ROSE. 2003, « Determinants of Biotechnology Utilization by the Canadian Industry », *Research Policy,* vol. 32, n° 10, p. 1719 à 1735.

TOURIGNY, D. et C.D. LE. 2003, « Impediments to Innovation Faced by Canadian Manufacturing Firms », *Economics of Innovation and New Technology,* vol. 13, n° 3, p. 217 à 250.

WHITE, H. 1980, « A Heteroscedasticity-Consistent Covariance Matrix and a Direct Test for Heteroscedasticity », *Econometrica,* vol. 48, p. 817 à 838.

Figure 1. Commercialisation de la biotechnologie : processus et rôles

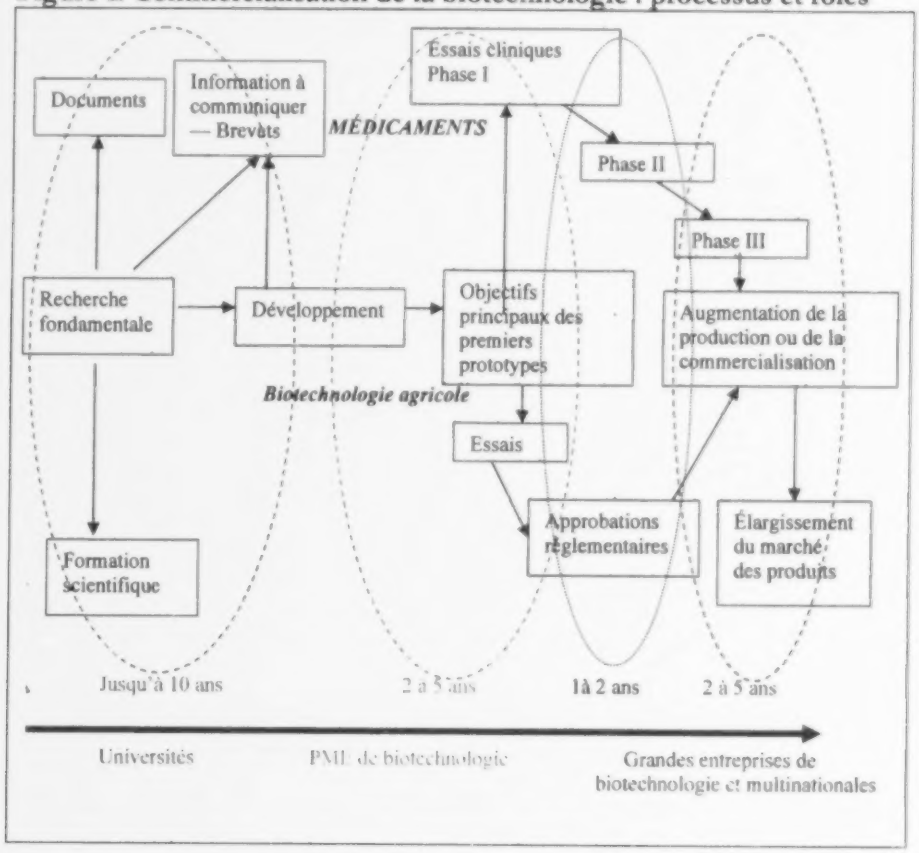


Tableau 1. Statistiques descriptives[a]

	Ensemble des entreprises	Entreprises axées sur l'étape préliminaire	Entreprises à vocation universelle	Entreprises axées sur l'étape avancée
Logarithme du nombre de produits	1,88	1,36	2,55	1,44
	(1,36)	(1,02)	(1,38)	(1,34)
Taille 1 (< 50 employés)	0,71	0,84	0,64	0,55
	(0,45)	(0,37)	(0,48)	(0,50)
Taille 2 (50 à 150 employés)	0,16	0,11	0,13	0,32
	(0,36)	(0,31)	(0,36)	(0,47)
Nombre d'employés ayant des responsabilités liées à la R.-D. en biotechnologie/nombre total d'employés	0,46	0,57	0,39	0,28
	(0,31)	(0,28)	(0,27)	(0,32)
Nombre d'employés n'ayant pas de responsabilités liées à la R.-D. en biotechnologie/nombre total d'employés	0,27	0,24	0,31	0,28
	(0,27)	(0,23)	(0,27)	(0,31)
Passation de marchés de R.-D. (en milliers de dollars)	552,27	524,89	632,66	375,01
	(2056,44)	(2063,45)	(2103,42)	(1889,17)
Passation de marchés relatifs à la réglementation (en milliers de dollars)	325,90	125,02	238,31	1351,77
	(2938,21)	(781,09)	(1459,15)	(7737,01)
Nombre d'ententes de collaboration	3,06	2,90	3,49	2,17
	(6,82)	(7,56)	(6,58)	(4,24)
Nombre de droits de PI cédés	4,36	0,21	9,97	0,09
	(66,78)	(0,94)	(102,11)	(0,38)
Nombre de droits de PI acquis	1,06	0,44	1,92	0,37
	(5,51)	(2,03)	(8,10)	(0,82)
Nombre de brevets existants	12,42	4,17	16,18	29,26
	(68,95)	(11,19)	(77,64)	(129,99)
Taux d'absorption	43,38	5,84	83,97	39,50
	(454,20)	(26,48)	(689,93)	(132,58)
Variable nominale de l'entreprise privée/de la société cotée en bourse	0,25	0,19	0,33	0,19
	(0,43)	(0,39)	(0,47)	(0,40)
Âge de l'entreprise	13,41	8,22	16,28	22,26
	(19,59)	(12,48)	(21,79)	(26,64)
Capitaux obtenus (en milliers de dollars)	2352,51	2889,70	2412,15	208,65
	(7398,87)	(8382,04)	(7280,18)	(742,85)
Variable nominale de la biotechnologie agricole	0,17	0,12	0,22	0,23
	(0,38)	(0,32)	(0,41)	(0,42)
Variable nominale de la biotechnologie alimentaire	0,13	0,04	0,20	0,20
	(0,34)	(0,20)	(0,39)	(0,40)
Variable nominale de la biotechnologie de la santé humaine	0,52	0,67	0,46	0,22
	(0,50)	(0,47)	(0,50)	(0,41)
Variable nominale liée à l'étape préliminaire	0,45	...	...	...
	(0,49)	...	...	...
Variable nominale liée à l'étape avancée	0,12	...	...	...
	(0,33)	...	...	...

a. Moyenne indiquée ci-dessus, écart type indiqué entre parenthèses.
... n'ayant pas lieu de figurer

Tableau 2. Résultats de régression : modèle général et divers modèles d'orientation stratégique

	Ensemble des entreprises		Entreprises axées sur l'étape préliminaire		Entreprises à vocation universelle		Entreprises axées vers l'étape avancée	
	Estimation	Statistique t	Estimation	Statistique T	Estimation	Statistique t	Estimation	Statistique t
Constante	...	**6,056***	...	**1,766*****	...	**3,159***	...	1,604
Taille 1 (< 50 employés)	−0,075	−0,928	−0,176	−1,048	−0,012	−0,111	−0,154	−0,351
Taille 2 (50 à 150 employés)	0,147	**2,160***	0,092	0,623	0,293	**3,032***	0,282	−0,753
Nombre d'employés ayant des responsabilités liées à la R.-D. en biotechnologie/nombre total d'employés	0,018	0,315	0,145	1,467	−0,012	−0,133	−0,094	−0,445
Nombre d'employés n'ayant pas de responsabilités liées à la R.-D. en biotechnologie/nombre total d'employés	−0,01	−0,188	0,019	0,209	0,073	0,925	0,09	0,365
Passation de marchés des R.-D. (en milliers de dollars)	0,035	0,72	0,008	0,107	0,033	0,433	−3,517	−1,037
Passation de marchés relatifs à la réglementation (en milliers de dollars)	−0,06	−1,383	−0,036	−0,469	0,002	0,017	−0,447	−0,896
Nombre d'ententes de collaboration	0,1	**2,221***	0,084	0,949	0,091	1,294	0,508	**2,577***
Nombre de droits de PI cédés	0,263	**6,043***	0,07	0,865	0,464	**6,400***	−0,015	−0,089
Nombre de droits de PI acquis	0,169	**3,576***	0,151	**2,052****	0,21	**2,630***	0,241	1,034
Nombre de brevets existants	−0,047	−0,936	0,005	0,065	−0,083	−1,052	3,62	1,081
Taux d'absorption	−0,03	−0,699	−0,084	−1,111	−0,078	−1,157	−0,137	−0,798
Variable nominale de l'entreprise privée/de la société cotée en bourse	−0,033	−0,693	−0,025	−0,301	−0,049	−0,587	−0,161	−0,652
Âge de l'entreprise	0,087	1,515	0,226	**2,604***	0,197	**1,994****	−0,086	−0,39

Capitaux obtenus (en milliers de dollars)	0,022	0,458	0,127	1,456	−0,146	−1,515	0,185	0,894
Variable nominale de la biotechnologie agricole	0,212	**3,871***	0,103	1,104	0,401	**4,302***	−0,043	−0,206
Variable nominale de la biotechnologie alimentaire	0,082	1,514	0,082	0,992	0,147	1,556	−0,106	−0,53
Variable nominale de la biotechnologie de la santé humaine	0,097	1,52	0,179	**1,783*** **	0,138	1,206	−0,488	**−2,336** **
Variable nominale liée à l'étape préliminaire	−0,341	**−6,965***	…	…	…	…	…	…
Variable nominale liée à l'étape avancée	−0,246	**−5,202***	…	…	…	…	…	…
R^2 corrigé	0,353	…	0,165	…	0,387	…	0,085	…
Test F	11,478*	…	2,953*	…	6,905*	…	1,251	…
Taille de l'échantillon	375	…	168	…	160	…	47	…
Test de White	117[1]	…	…	…	…	…	…	…

*,**,*** : Indiquent des niveaux de signification de 1 %, 5 % et 10 %, respectivement.

1. La valeur critique de χ^2 avec 209 degrés de liberté est de 244 au niveau de signification de 5 %.

… n'ayant pas lieu de figurer

Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural

(* La *Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural* est maintenant accessible dans le site Web de Statistique Canada (www.statcan.ca). À la page *Nos Produits et services*, sous *Parcourir les publications Internet (PDF ou HTML)*, choisissez *Gratuites*.)

N°1	(21-601-MPF1980001)	**Description de la méthode Theil de prévision de l'erreur quadratique moyenne pour la statistique agricole (1980)**, Stuart Pursey
N° 3	(21-601-MPF1981003)	**Examen du Projet de l'estimation du bétail et recommandations de mesures à prendre (1981)**, Bernard Rosien et Elizabeth Leckie
N° 4	(21-601-MPF1984004)	**Le secteur canadien des oléagineux : vue d'ensemble (1984)**, Glenn Lennox
N° 5	(21-601-MPF1984005)	**Analyse préliminaire de la contribution des paiements directs du gouvernement dans le revenu agricole net réalisé (1984)**, Lambert Gauthier
N° 6	(21-601-MPF1984006)	**Les caractéristiques des exploitants entrant en agriculture et leurs entreprises au sud de l'Ontario pour la période 1966 à 1976 (1984)**, Jean B. Down
N° 7	(21-601-MPF1984007)	**Sommaire des programmes d'aide à la production agricole aux États-Unis (1984)**, Allister Hickson
N° 8	(21-601-MPF1984008)	**Intensité de la pratique de la jachère dans les Prairies : Une analyse des données du recensement de 1981 (1984)**, Les Macartney
N° 9	(21-601-MPF1985009)	**Évolution de la structure du secteur porcin au Canada (1985)**, Mike Shumsky
N° 10	(21-601-MPF1986010)	**Révisions au traitement des loyers de maisons imputés dans les comptes de fermes canadiennes, 1926-1979 (1986)**, Mike Trant
N° 11	(21-601-MPF1992011)	**L'estimateur par le quotient : explication intuitive et utilisation pour estimer les variables agricoles (1992)**, François maranda et Stuart Pursey
N° 12	(21-601-MPF1991012)	**L'effet de la distortion géographique causée par la règle de l'emplacement (1991)**, Rick Burroughs
N° 13	(21-601-MPF1991013)	**La qualité des données agricoles : forces et faiblesses (1991)**, Stuart Pursey
N° 14	(21-601-MPF1992014)	**Autres cadres d'examen des données rurales (1992)**, A.M. Fuller, Derek Cook et Dr. John Fitzsimons
N° 15	(21-601-MPF1993015)	**Tendances et caractéristiques relatives aux régions rurales et aux petites villes du Canada (1993)**, Brian Bigs, Ray Bollman et Michael McNames
N° 16	(21-601-MPF1992016)	**La microdynamique et l'organisation économique de la famille agricole dans le changement structurel en agriculture (1992)**, Phil Ehrensaft et Ray Bollman
N° 17	(21-601-MPF1993017)	**Consommation de céréales et de graines oléagineuses par le bétail et la volaille, Canada et provinces, 1992**, Section du bétail et des produits d'origine animale
N° 18	(21-601-MPF1994018)	**Changements structurels dans le domaine agricole - Étude comparative des tendances et des modèles observés au Canada et aux États-Unis**, Ray Bollman, Leslie A. Whitener et Fu Lai Tung
N° 19	(21-601-MPF1994019)	**Revenu total de la famille agricole selon le type d'exploitation et la taille de celle-ci, et selon la région, en 1990 (1994)**, Saiyed Rizvi, David Culver, Lina Di Piétro et Kim O'Connor
N° 20	(21-601-MPF1991020)	**L'adaptation dans le secteur agricole au Canada (1994)**, George McLaughlin
N° 21	(21-601-MPF1993021)	**Microdynamique de la croissance et de la décroissance des exploitations agricoles : une comparaison Canada - États-Unis**, Fred Gale et Stuart Pursey
N° 22	(21-601-MPF1992022)	**Les structures des gains des ménages agricoles en Amérique du Nord - Positionnement pour la libéralisation des échanges**, Leonard Apedaile, Charles Barnard, Ray Bollman et Blaine Calkins
N° 23	(21-601-MPF1992023)	**Secteur de la pomme de terre : comparaison entre le Canada et les États-Unis**, Glenn Zepp, Charles Plummer et Barbara McLaughlin
N° 24	(21-601-MPF1994024)	**Étude comparative des données américaines et canadiennes sur la structure des fermes**, Victor J. Oliveira, Leslie A. Whitener et Ray Bollman
N° 25	(21-601-MPF1994025)	**Méthodes statistiques de la Sous-section de la commercialisation des grains, document de travail, version 2**, Karen Gray
N° 26	(21-601-MPF1994026)	**Rendement des exploitations agricoles : Estimations établies à partir de la base de données complètes sur les exploitations agricoles**, W. Steven Danford
N° 27	(21-601-MPF1994027)	**La mesure de l'emploi touristique dans les régions rurales**, Brian Biggs

Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural (suite)

(* La *Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural* est maintenant accessible dans le site Web de Statistique Canada (www.statcan.ca). À la page *Nos Produits et services*, sous *Parcourir les publications Internet (PDF ou HTML)*, choisissez *Gratuites*.)

N° 28*	(21-601-MIF1995028)	**Délimitation de l'écoumène agricole canadien de 1991**, Timothy J. Werschler
N° 29	(21-601-MPF1995029)	**Étude cartographique de la diversité des économies rurales : une typologie préliminaire du Canada rural**, Liz Hawkins
N° 30*	(21-601-MIF1996030)	**Structure et tendances de l'emploi rural au Canada et dans les pays de l'OCDE**, Ron Cunningham et Ray D. Bollman
N° 31*	(21-601-MIF1996031)	**Une nouvelle approche pour les régions autres que les RMR/AR**, Linda Howatson-Leo et Louise Earl
N° 32	(21-601-MPF1996032)	**L'emploi dans l'agriculture et ses industries connexes en région rurale : structure et changement 1981-1991**, Sylvain Cloutier
N° 33*	(21-601-MIF1998033)	**Exploiter une ferme d'agrément - pour le plaisir ou le profit?**, Stephen Boyd
N° 34*	(21-601-MIF1998034)	**Utilisation de la technologie d'imagerie documentaire dans le recensement canadien de l'agriculture de 1996**, Mel Jones et Ivan Green
N° 35*	(21-601-MIF1998035)	**Tendances de l'emploi au sein de la population active non métropolitaine**, Robert Mendelson
N° 36*	(21-601-MIF1998036)	**La population des milieux ruraux et des petites villes s'accroît pendant les années 90**, Robert Mendelson et Ray D. Bollman
N° 37*	(21-601-MIF1998037)	**La composition des établissements commerciaux dans les petites et les grandes collectivités du Canada**, Robert Mendelson
N° 38*	(21-601-MIF1998038)	**Le travail hors ferme des exploitants de fermes de recensement : Aperçu de la structure et profils de mobilité**, Michael Swidinsky, Wayne Howard et Alfons Weersink
N° 39*	(21-601-MIF1999039)	**Le capital humain et le développement rural : quels sont les liens?**, Ray D. Bollman
N° 40*	(21-601-MIF1999040)	**Utilisation de l'ordinateur et d'Internet par les membres des ménages ruraux**, Margaret Thompson-James
N° 41*	(21-601-MIF1999041)	**Les cotisations aux REER des producteurs agricoles canadiens en 1994**, Marco Morin
N° 42*	(21-601-MIF1999042)	**Intégration des données administratives et des données d'enquête de recensement**, Michael Trant et Patricia Whitridge
N° 43*	(21-601-MIF2001043)	**La dynamique du revenu et de l'emploi dans le Canada rural : le risque de la pauvreté et de l'exclusion**, Esperanza Vera-Toscano, Euan Phimister et Alfons Weersink
N° 44*	(21-601-MIF2001044)	**Migration des jeunes ruraux entre 1971 et 1996**, Juno Tremblay
N° 45*	(21-601-MIF2001045)	**Évaluation du bien-être économique des Canadiens ruraux au moyen d'indicateurs de revenu**, Carlo Rupnik, Margaret Thompson-James et Ray D. Bollman
N° 46*	(21-601-MIF2001046)	**Tendances géographiques du bien-être socioéconomique des collectivitées des Premières nations**, Robin P. Armstrong
N° 47*	(21-601-MIF2001047)	**Répartition et concentration des animaux de ferme au Canada**, Martin S. Beaulieu
N° 48*	(21-601-MIF2001048)	**Élevage intensif des animaux de ferme : la taille de l'exploitation a-t-elle son importance?**, Martin S. Beaulieu
N°49*	(21-601-MIF2001049)	**La statistique agricole au service du développement rural,** Ray D. Bolllman
N°50*	(21-601-MIF2001050)	**Situation relative à l'emploi dans les régions rurales et les petites villes : Structure par industrie,** Roland Beshiri et Ray D. Bolllman
N°51*	(21-601-MIF2001051)	**Le temps passé au travail : Comment les agriculteurs jonglent avec leur temps et incidences sur le revenu familial total,** Sylvain Cloutier
N°52*	(21-601-MIF2001052)	**Le profil des producteurs de maïs-grain et de soya génétiquement modifiés au Québec et en Ontario,** Bernard Hategekimana
N°53*	(21-601-MIF2002053)	**Intégration des marchés des bovins du Canada et des États-Unis,** Rita Athwal

Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural (fin)

(* La *Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural* est maintenant accessible dans le site Web de Statistique Canada (www.statcan.ca). À la page *Nos Produits et services*, sous *Parcourir les publications Internet (PDF ou HTML)*, choisissez *Gratuites*.)

N°54*	(21-601-MIF2002054)	**Maïs-grain et soya génétiquement modifiés au Québec et en Ontario en 2000 et 2001,** Bernard Hategekimana
N°55*	(21-601-MIF2002055)	**Tendances migratoires récentes dans les régions rurales et petites villes du Canada**, Neil Rothwell et autres
N°56*	(21-601-MIF2002056)	**Rendement du secteur du commerce de détail des aliments dans la chaîne agroalimentaire**, David Smith et Michael Trant
N°57*	(21-601-MIF2002057)	**Caractéristiques financières des entreprises acquises dans l'industrie alimentaire canadienne**, Martin S. Beaulieu
N°58*	(21-601-MIF2002058)	**Structure des échanges provinciaux**, Marjorie Page
N°59*	(21-601-MIF2002059)	**Analyse de la rentabilité dans le secteur de la transformation des aliments au Canada**, Rick Burroughs et Deborah Harper
N°60*	(21-601-MIF2002060)	**La diversification du monde rural**, Marjorie L. Page
N°61*	(21-601-MIF2002061)	**Définitions de « rural »**, Valerie du Plessis et autres
N°62*	(21-601-MIF2003062)	**Profil géographique des animaux de ferme au Canada, 1991-2001**, Martin S. Beaulieu et Frédéric Bédard
N°63*	(21-601-MIF2003063)	**Disparité infraprovinciale des revenus au Canada : Données de 1992 à 1999**, Alessandro Alasia
N°64*	(21-601-MIF2003064)	**Les économies et le commerce agricoles Canada-Mexique : des relations nord-américaines plus étroites**, Verna Mitura et autres
N°65*	(21-601-MIF2003065)	**Adoption de technologies informatiques par les entreprises agricoles canadiennes : analyse fondée sur le Recensement de l'agriculture de 2001**, Jean Bosco Sabuhoro et Patti Wunsch
N°66*	(21-601-MIF2004066)	**Facteurs d'utilisation d'Internet à la maison au Canada, 1998 à 2000**, Vik Singh
N°67*	(21-601-MIF2004067)	**Cartographie de la diversité socioéconomique du Canada rural : Une analyse multidimensionnelle**, Alessandro Alasia
N°68*	(21-601-MIF2004068)	**Incidence de l'investissement direct étranger sur le secteur agroalimentaire : analyse empirique**, W.H. Furtan et J.J. Holzman
N°69*	(21-601-MIF2004069)	**Le secteur canadien des bovins de boucherie et les répercussions de l'ESB sur le revenu des familles agricoles**, Verna Mitura et Lina Di Piétro
N°70*	(21-601-MIF2004070)	**Mesure de la concentration dans les industries de transformation des aliments**, Darryl Harrison et James Rude
N°71*	(21-601-MIF2004071)	**Tendances de l'activité liée au travail autonome non agricole chez les femmes des régions rurales**, Valerie du Plessis
N°72*	(21-601-MIF2004072)	**Remaniement de l'Indice des prix des produits agricoles au Canada**, Andy Baldwin
N°73*	(21-601-MIF2005073)	**L'incidence de l'urbanisation sur l'adoption des systèmes de gestion de l'environnement dans l'agriculture canadienne**, Udith Jayasinghe-Mudalige, Alfons Weersink, Brady Deaton, Martin Beaulieu et Mike Trant
N°74*	(21-601-MIF2005074)	**Facteurs favorisant la mise en œuvre des meilleures pratiques de gestion du fumier dans les exploitations porcines**, Diep Le et Martin S. Beaulieu
N°75*	(21-601-MIF2005075)	**La compétitivité de l'industrie de la transformation de la volaille au Canada**, Hao et autres
N°76*	(21-601-MIF2005076)	**Compétences, innovation et croissance : Les questions clés du développement rural et territorial – Survol de la documentation**, Alessandro Alasia
N°77*	(21-601-MIF2006077)	**Profil géographique de la production de fumier au Canada, 2001**, Nancy Hofmann et Martin S. Beaulieu